

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**MODELO CONSTRUTIVISTA PARA CRIAÇÃO DE
CONHECIMENTO EM FÍSICA**

Luiz Paes da Silva

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em
Engenharia de Produção.

Florianópolis
2001

Luiz Paes da Silva

**MODELO CONSTRUTIVISTA PARA CRIAÇÃO DE
CONHECIMENTO EM FÍSICA**

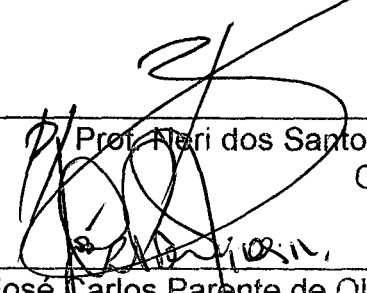
Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Mestre
em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção**
da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 08 de outubro de 2001.




Prof. Ricardo de Miranda Bácia, Ph.D.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

BANCA EXAMINADORA



Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.
Orientador



Prof. José Carlos Parente de Oliveira, Dr.
Co-Orientador



Profa. Ana Regina Aguiar Dutra, Dra.

A minha mãe e à memória de meu pai,
com gratidão e amor.

Agradecimentos

A Deus,
À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),
À Universidade de Fortaleza (UNIFOR),
Ao Orientador Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.,
Ao Prof. José Carlos Parente de Oliveira, Dr.,
À Profa. Nise Sanford Fraga, M. Sc.,
Ao Prof. Roberto Ney Ciarline Teixeira, M. Sc.

Aos colegas de turma,
a todos que direta e indiretamente
contribuíram para a realização
desta pesquisa.

“Uma descoberta, seja feita por um menino na escola ou por um cientista trabalhando na fronteira do conhecimento, é em sua essência uma questão de reorganizar ou transformar evidências, de tal forma que se possa ir além delas assim reorganizadas, rumo a novas percepções”.

Jerone Bruner

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE REDUÇÕES	xiv
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xix
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Definição do Problema de Pesquisa	01
1.2 Objetivos	03
1.2.1 Objetivo Geral	03
1.2.2 Objetivos Específicos	03
1.3 Hipóteses	03
1.3.1 Hipótese Básica	04
1.3.2 Hipóteses Específicas	04
1.4 Justificativa	04
1.5 Metodologia	09
1.6 Limitações da Pesquisa	10
1.7 Resultados Esperados	11
1.8 Descrição dos Capítulos	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA	14
2.1 Introdução	14
2.2 O Comportamentalismo e o Conhecimento	14
2.3 Apriorismo e Conhecimento	15
2.4 O Construtivismo de Piaget e o Conhecimento	16
2.4.1 Organização e Adaptação	18
2.4.2 Assimilação	18
2.4.3 Acomodação	19
2.4.4 Equilíbrio e Natureza	20
2.4.5 Equilíbrio Majorante	22
2.4.6 Fases do Desenvolvimento Mental	23
2.5 Equilíbrio e Fatores que Determinam o Desenvolvimento Mental	25
2.6 A Teoria de Vygotsky	26
2.6.1 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD)	26
2.7 Teoria das Inteligências Múltiplas	28
2.8 Inteligências Múltiplas no Laboratório	31
2.9 O Papel do Mediador de Aprendizagem	32
2.10 Novos Rumos da Educação	34
2.11 O Método Clínico	36
2.12 O que é a Nova Física	37
2.13 Considerações Finais	39
3 MODELO CONSTRUTIVISTA PARA EXPERIMENTOS DE LABORATÓRIO	40
3.1 Introdução	40

3.2 Considerações Iniciais	40
3.2.1 Preparação	41
3.2.2 Leitura do Resumo	41
3.2.3 Discussão Aluno-Aluno, Professor-Aluno	42
3.2.4 Desenvolvimento da Experiência	43
3.2.5 Relatório para Casa	43
3.2.6 Final da Aula	43
3.2.7 Avaliação da Aula	44
3.3 Cronograma para Laboratório	44
3.4 Conteúdo - Laboratório (Física Experimental)	45
3.5 Uma Abordagem Alternativa ao Ensino de Laboratório	46
3.6 Modelo Construtivista Enfatizando a Estrutura da Experiência	46
3.7 Experiência Nº 01: Campo Elétrico Simulado (Modelo Construtivista)	48
3.7.1 Problematização	48
3.7.2 Objetivos	48
3.7.3 Orientação Inicial	48
3.7.4 Procedimento Sugerido	49
3.7.5 Fundamentação Teórica	50
3.7.6 Considerações Práticas	51
3.7.7 Conclusão	51
3.8 Experiência Nº 02: Lei de Ohm (Modelo Construtivista)	52
3.8.1 Problematização	52
3.8.2 Fundamentos Teóricos	52
3.8.3 Objetivos	54
3.8.4 Considerações de Natureza Prática	54
3.8.5 Conclusão e Recomendações	55
3.9 Experiência Nº 03: Indução Eletromagnética (Modelo Construtivista)	56
3.9.1 Problematização	56
3.9.2 Objetivos	59
3.9.3 Fundamentação Teórica	60
3.9.4 Material Necessário	61
3.9.5 Sugestões Práticas	61
3.9.6 Procedimento Experimental Sugerido	63
3.10 Elaboração de Relatórios	64
3.10.1 Etapas de Relatório	64
3.10.1.1 Escolha do Título	64
3.10.1.2 Os Objetivos	65
3.10.1.3 Material Necessário	65
3.10.1.4 Fundamentação Teórica	65
3.10.1.5 Procedimento Experimental	66
3.10.1.6 Conclusão	66
3.10.1.7 Fontes Bibliográficas	66
4 MODELO TRADICIONAL	68
4.1 Considerações Iniciais	68
4.2 Modelo Tradicional com Laboratório Altamente Estruturado	68

4.3 1ª Experiência: Campo elétrico (Modelo Tradicional)	70
4.3.1 Objetivos	70
4.3.2 Introdução	70
4.3.2.1 Resumo Teórico	72
4.3.2.2 Conceito de Campo Elétrico	73
4.3.2.3 Linhas de Força	73
4.3.2.4 Definição	73
4.3.2.5 Propriedades	74
4.3.2.6 Potencial Elétrico ou Voltagem em um Campo Uniforme	74
4.3.2.7 Superfície Equipotencial	75
4.3.2.8 Propriedades	75
4.3.3 Material Necessário	76
4.3.4 Procedimento Experimental	76
4.3.5 Questões Conceituais	78
4.4. 2ª Experiência: Lei de Ohm (Modelo Tradicional)	79
4.4.1 Objetivos	79
4.4.2 Material Necessário	80
4.4.3 Introdução Teórica	80
4.4.4 Procedimento Experimental	81
4.4.5 Análise dos Resultados	82
4.4.6 Questões Conceituais	84
4.5. 3ª Experiência: Indução Eletromagnética - 1831 - (Modelo Tradicional)	86
4.5.1 Objetivos	86
4.5.2 Introdução Teórica	86
4.5.3 Material Necessário	88
4.5.4 Procedimento Experimental	88
4.5.4.1 Realização do Experimento	89
4.5.4.2 Realização do Experimento	89
4.5.4.3 Análise	90
4.5.4.4 Realização	92
4.5.4.5 Análise	93
4.5.5 Questões Conceituais	93
4.6. Modelo Tradicional Versus Construtivista	94
5 MODELO TRADICIONAL VERSUS MODELO CONSTRUTIVISTA	96
5.1 Introdução	96
5.2 Recursos Estatísticos na Avaliação da Qualidade	97
5.3. 1ª Experiência: Campo Elétrico (Circuitos)	98
5.3.1 Análise dos Resultados	100
5.4. 2ª Experiência: Lei de Ohm (Circuitos)	100
5.4.1 Análise dos Resultados	102
5.5 3ª Experiência: Indução Eletromagnética (Circuitos)	102
5.5.1 Análise dos Resultados	104
5.6 Experiência Nº 1: Campo Elétrico na Disciplina FIII	104
5.6.1 Análise dos Resultados em FIII	105

5.7 Experiência Nº 2: Lei de Ohm na disciplina Fill	106
5.7.1 Análise dos Resultados da Experiência Lei de Ohm em FIII	107
5.8 Experiência Nº 3: Indução Eletromagnética em FIII	107
5.8.1 Análise dos Resultados (Indução Eletromagnética) em FIII	108
5.9 Resultados dos Questionários	108
5.10 Considerações Finais	109
6. CONCLUSÃO	110
6.1 Introdução	110
6.2 Quanto aos Objetivos	112
6.3 Quanto às Hipóteses	112
6.3.1 Hipótese Básica	112
6.3.2 Hipóteses Específicas	113
6.4 Relação entre o Modelo Construtivista e a Teoria da Equilibração das Estruturas Cognitivas	113
6.4.1 Quanto à Equilibração (Patamares de Equilíbrio)	114
6.4.2 Quanto ao Método Clínico e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD)	114
6.5 Aprofundamento	115
6.6 Recomendações	115
6.7 Sugestões	116
FONTES BIBLIOGRÁFICAS	117
BIBLIOGRAFIA SUPLEMENTAR	122
ANEXOS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Teorias de estímulo-resposta e teoria cognitiva	07
Figura 2.1: Funções e mecanismos da inteligência	20
Figura 2.3: Fases da Inteligência	24
Figura 2.3: Inteligências Múltiplas no Laboratório	31
Figura 2.4: Cosmovisão	38
Figura 3.1: Dispositivo experimental para o estudo do campo elétrico	51
Figura 3.2: Gráfico da voltagem em função da corrente elétrica	53
Figura 3.3: Gráfico (V versus I)	54
Figura 3.4: Fonte de tensão, resistor, lâmpada, amperímetro, voltímetro e cinco cabos de ligação.....	55
Figura 3.5: Posição em relação aos pontos cardeais primários	57
Figura 3.6: Representação da posição em relação aos pontos cardeais	58
Figura 3.7: Grade para construção do caminho pessoal	58
Figura 3.8: Visualização dos pontos cardeais primários	59
Figura 3.9: Material necessário ao estudo da indução	61
Figura 3.10: Corrente induzida em uma bobina, causada pelo afastamento do pólo norte de um ímã	61
Figura 3.11: Ímã, galvanômetro e duas bobinas	62
Figura 4.1: ($g = 9,8\text{m/s}^2$, próximo à superfície da Terra)	72
Figura 4.2: Objetos A e B próximos à superfície da Terra	72
Figura 4.3: Campo elétrico uniforme	74
Figura 4.4: Campo elétrico entre duas placas condutoras	75
Figura 4.5: Dispositivo experimental para estudo do campo elétrico	77
Figura 4.6: Montagem do circuito com fonte de tensão, amperímetro, fios, resistor e voltímetro	81
Figura 4.7: (Voltagem versus Corrente)	82
Figura 4.8: Gráfico (V versus I)	83

Figura 4.9: Montagem do experimento com galvanômetro ligado à bobina e material necessário (ímãs, núcleo de ferro e bobinas ou indutores)	88
Figura 4.10: Montagem do experimento com ímãs, indutor e galvanômetro	89
Figura 4.11: Montagem com galvanômetro, bobina e ímãs redondos	90
Figura 4.12: Montagem do experimento utilizando núcleo de ferro, ímãs redondos, bobinas e galvanômetro	91
Figura 4.13: Montagem do experimento com fonte de tensão (CC), bobinas, núcleo de ferro e galvanômetro	92
Figura 5.1: Frequência de notas. Turma T-1 (Modelo Tradicional)	99
Figura 5.2: Frequência de notas. Turma T-2 (Modelo Tradicional)	99
Figura 5.3: Frequência de notas. Turma T-3 (Modelo Construtivista)	99
Figura 5.4: Frequência de notas. Turma T-1 (Modelo Tradicional)	101
Figura 5.5: Frequência de notas. Turma T-2 (Modelo Tradicional)	101
Figura 5.6: Frequência de notas. Turma T-3 (Modelo Construtivista)	101
Figura 5.7: Frequência de notas. Turma T-1 (Modelo Tradicional)	103
Figura 5.8: Frequência de notas. Turma T-2 (Modelo Tradicional)	103
Figura 5.9: Frequência de notas. Turma T-3 (Modelo Construtivista)	103
Figura 5.10: Frequência de notas. Turma T-4 (Modelo Tradicional)	105
Figura 5.11: Frequência de notas. Turma T-5 (Modelo Construtivista)	105
Figura 5.12: Frequência de notas. Turma T-4 (Modelo Tradicional)	106
Figura 5.13: Frequência de notas. Turma T-5 (Modelo Construtivista)	106
Figura 5.14: Frequência de notas. Turma T-4 (Modelo Tradicional)	107
Figura 5.15: Frequência de notas. Turma T-5 (Modelo Tradicional)	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Unidades e símbolos de grandezas físicas	52
Quadro 3.2: Representação da posição, direção e ângulo	57
Quadro 4.1: Descrição, quantidade e especificação do material	76
Quadro 4.2: Descrição, símbolo e quantidade de material	80
Quadro 4.3: Descrição, quantidade de material e símbolo	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Onde R é a resistência da lâmpada	81
Tabela 4.2: Para a resistência do resistor fixo	82
Tabela 5.1: Resumo da Disciplina Física III	108
Tabela 5.2: Resumo da Disciplina Circuitos	109

LISTA DE REDUÇÕES

Abreviaturas

- a.C. = antes de Cristo
ed. = edição ou edições
etc = et cétera (e outros; e outras)
ex. = exemplo
d.C. = depois de Cristo
FIII = Física Três
Nº = número
p. = página ou páginas
RC = resistor - capacitor
RL = resistor - indutor

Abreviaturas de Grandezas Físicas

- A = ampère ou ampères
c = velocidade da luz
cm = centímetro ou centímetros
d = distância
E = campo elétrico
 ε = força eletromotriz ou f.e.m.
F = força peso
g = aceleração gravitacional
I = intensidade de corrente elétrica
m = metro ou metros
P = força peso
Q = carga elétrica
R = resistor
 T_{AB} = trabalho desde o ponto A até B
ddp = diferença de potencial

SÍMBOLOS

ΔI = variação da intensidade da corrente (lê-se: delta i)

Δt = variação de tempo (lê-se: delta t)

ΔV = variação de voltagem (lê-se: delta v)

$\Delta \phi$ = variação de fluxo (letra grega maiúscula, "Fi")

$\text{tg} \theta$ = tangente do ângulo teta

Ω = ohm (letra grega maiúscula, "ômega")

Σ = soma (letra grega maiúscula, "sigma")

CV = coeficiente de variação ou variabilidade

s = desvio padrão

s^2 = variância

\bar{x} = média aritmética

Símbolos de Unidades de Grandezas Físicas

$^{\circ}\text{C}$ = grau Celsius

m/s^2 = metro por segundo ao quadrado

mA = miliampère

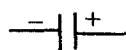
mV = milivolt

N = Newton ou Newtons

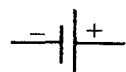
kg = quilograma ou quilogramas

V = volt

Símbolos de Componentes e Equipamentos Elétricos



= capacitor



= fonte de tensão contínua (CC)



= fonte de tensão alternada (CA)



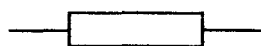
= ímã em forma de barra



= indutor



= lâmpada



= resistor fixo

Símbolos de Instrumentos de Medidas



= amperímetro



= galvanômetro



= voltímetro

Siglas e Expressões Latinas

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

apud = citado por (expressão latina)

CI = circuito integrado

et al = e outros (expressão latina)

IES = Instituições de Ensino Superior

UFSC = Universidade Federal de Santa Catarina

UNIFOR = Universidade de Fortaleza

UNESCO = United Nations Educational Scientific and Cultural Organization

ZPD = Zona de Desenvolvimento Proximal

RESUMO

SILVA, Luiz Paes da. **Modelo construtivista para a criação de conhecimento em Física**. Florianópolis, 2001. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

Neste trabalho é elaborado, aplicado e avaliado um modelo interativo para a produção de conhecimento em Física Experimental alicerçado na Teoria do Construtivismo. O trabalho é apoiado em dois eixos, um predominantemente teórico e outro de cunho mais prático, com três experimentos (Campo Elétrico, Lei de Ohm e Indução Eletromagnética). Focalizando o Método Clínico e a Equilibração (Piaget), a Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky), bem como a Teoria das Inteligências Múltiplas (Gardner, 1984), é feita uma articulação entre a Física e o Construtivismo, comparando dois modelos: um Tradicional e outro Construtivista, testados em cinco turmas de nível básico na Universidade de Fortaleza (UNIFOR). O processo é avaliado e posteriormente analisado estatisticamente por meio de gráficos, média, desvio padrão e variabilidade. Os resultados indicam uma abordagem construtivista robusta, alternativa ao Modelo Tradicional (fisicalista - cartesiano - newtoniano) característico da Ciência convencional. Também são apresentadas sugestões e recomendações para a construção do conhecimento e produção científica visando a integração, preconizada na Engenharia de Produção, de homens, máquinas e equipamentos no contexto sócio-econômico cultural.

Palavras-chave: produção, experiência, modelo, tradicional, construtivista.

ABSTRACT

SILVA, Luiz Paes da. **Modelo construtivista para a criação de conhecimento em Física**. Florianópolis, 2001. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

It was elaborated, applied and evaluated in this work an interactive model based on the Constructivism Theory to produce knowledge in Experimental Physics. This work is set on two main lines, one theoretical in essence, another one of the practical type, with three laboratory experiments (Electric Field, Law of Ohm and Electromagnetic Induction). Based on the Clinic method and Equilibration (Piaget), in the Development Proximal Zone (Vygotsky), as well as in the Multiple Intelligence Theory (Gardner, 1984), it was constructed an interaction between Physics and Constructivism theory, through comparison of two models: Traditional and Constructivist, which were tested in five graduating classes of the Universidade de Fortaleza (UNIFOR). The process was evaluated and statistically analyzed by graphics means standard deviations and variabilities. The results suggested a strong construtivist approach, which is a good alternative to the Traditional Model (physicalist, cartesian and newtonian), characteristic of the conventional Science. Also, we present suggestions and recommendations to construct knowledge and scientific production which aim the integration among men, machines and equipment in social-economic-cultural way, as predicted by Engineering of Production.

Key-words: production, experiment, model, traditional, constructivist

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Definição do Problema de Pesquisa

A análise dos resultados obtidos nos testes de desempenho em laboratórios de Física Experimental, nas turmas de nível básico, na Universidade de Fortaleza (UNIFOR), aponta duas grandes dificuldades dos alunos: a resolução de problemas e a aplicação de conceitos.

Esta constatação vai ao encontro das conclusões de diversos pesquisadores em educação, ouvidos, por ocasião da elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais, pelo Ministério da Educação e do Desporto, confirmando que “*o aluno sabe memorizar fórmulas para a resolução de problemas, mas não sabe identificar as situações em que deva empregá-las*” (Barbosa Júnior e Farias, 1999, p.14).

Neste sentido, uma queixa freqüentemente manifestada por estudantes (geralmente após a realização de uma avaliação) é a seguinte: “*Eu li a teoria, decorei todas as fórmulas, mas não consegui resolver problema algum*”.

Para Resnick e Halliday (1973, p. iii) a verdade, na realidade, aproxima-se mais do seguinte; “*Eu decorei todas as fórmulas que pude organizar em meu cérebro, mas nunca consegui aplicá-las corretamente à solução de quaisquer problemas*”. Neste caso, o estudante não faz a distinção entre memorizar fórmulas e entendê-las.

Quais são, então, as causas e as consequências?

Uma das causas é que o modelo tradicional de ensino-aprendizagem utiliza abordagens que se limitam, quase que exclusivamente, à utilização de fórmulas ou equações prontas. Como consequência, o aluno não percebe os conceitos e a lógica implícitos na situação e na resolução do problema.

Este fato tem sido evidenciado por meio de palestras, cursos, seminários, dissertações e teses sobre a questão nos diversos níveis do conhecimento.

Diante dessa situação, esta dissertação pretende desenvolver uma abordagem fenomenológica do ensino de laboratório de Física Experimental, em nível universitário básico, tendo como fundamentação teórica o Construtivismo, originário nas teorias de Piaget e Vygotsky.

Em razão disto, dois modelos de experimentos, um Tradicional e outro Construtivista, serão elaborados e aplicados em cinco turmas na Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Posteriormente, o desempenho de aprendizagem das respectivas turmas será avaliado.

Espera-se oferecer às Instituições de Ensino Superior (IES) e em particular, à Universidade de Fortaleza (UNIFOR), uma abordagem construtivista ao ensino de laboratório, como alternativa ao modelo tradicional.

Acredita-se, desta forma, favorecer, por meio de um processo dialético e dialógico, a construção do conhecimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar um modelo de abordagem da Física Experimental em nível universitário básico tendo a teoria construtivista como sistema de referência.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

1. Apresentar os fundamentos teóricos do Construtivismo como o referencial para elaboração de um modelo de Física Experimental;
2. Elaborar um modelo de Física Experimental articulado com o Construtivismo;
3. Aplicar o modelo elaborado nas disciplinas Circuitos Elétricos e Eletrônicos e Física Experimental III na Universidade de Fortaleza (UNIFOR);
4. Comparar o desempenho de turmas avaliadas nos Modelos Tradicional e Construtivista utilizando recursos estatísticos.

1.3 Hipóteses

A partir do problema exposto, apresentam-se uma hipótese básica e três hipóteses secundárias ou específicas.

1.3.1 Hipótese Básica

Os estudos de Física Experimental, tendo como fundamentação teórica o Construtivismo, podem contribuir de forma efetiva na resolução de problemas e na aplicação de conceitos.

1.3.2 Hipóteses Específicas

1. O Modelo Tradicional enfatiza a aplicação de fórmulas ou equações prontas, estimulando a memorização.
2. O Modelo Tradicional não favorece a percepção dos conhecimentos prévios necessários ao desenvolvimento do potencial para construção do conhecimento.
3. Os livros textos de Física em nível universitário básico estão vinculados ao paradigma da ciência convencional que se tem mostrado incapaz de assimilar, eficazmente, as contribuições das teorias cognitivas.

1.4 Justificativa

Diante de avanços científico-tecnológicos dos processos produtivos, para melhor atender as exigências do mundo do trabalho, alterado pelas mudanças da economia e pela rápida disseminação da tecnologia, é recomendável investigar novas soluções para velhos problemas.

O modelo tradicional de ensino de Física ainda não incorporou, de modo eficaz, as contribuições da psicologia cognitiva (Wallon, 1925; Piaget,

1970 e Vygotsky, 1933), da epistemologia genética (Piaget, 1978) e da teoria das inteligências múltiplas (Howard Gardner, 1984). O modelo aqui proposto, alternativo ao tradicional, fundamenta-se nos princípios do construtivismo piagetiano, que é uma teoria do conhecimento. Também está apoiado no interacionismo, representado por Vygotsky. A síntese dessas duas teorias do conhecimento é comumente denominada de teoria sócio-interacionismo. Neste sentido, o conhecimento é algo a ser produzido, construído na interação do ser humano com o mundo.

Piaget (1896-1980), biólogo e psicólogo que se destacou mundialmente por suas investigações sobre o nascimento da inteligência, a partir de observações sistemáticas, formulou uma teoria de desenvolvimento intelectual humano (a epistemológica genética) que explica o processo de aquisição de conhecimento em cada etapa da vida. De fato, ele propôs uma teoria do desenvolvimento cognitivo e não uma teoria de aprendizagem. Para o mestre de Genebra, o conhecimento surge na relação do ser humano com o mundo.

Em nenhum momento o conhecimento está pronto, acabado, definitivo, absoluto – o conhecimento é um processo interativo, um eterno fazer-se.

Vygotsky (1896-1934), um advogado russo-judeu, que, após a revolução russa de 1917, iniciou sua carreira profissional como psicólogo, desenvolveu uma teoria de aprendizagem, designada sócio-interacionista. Seu modelo de estudo foi denominado “histórico”, “cultural” e “instrumental”. Vygotsky utilizou a concepção marxista, segundo a qual *“as mudanças históricas na sociedade e na vida material produzem mudanças na natureza humana”* (Barbosa, 1999,

p.20). Desta forma, ele propôs que qualquer fenômeno seja observado, estudado e analisado como um processo de mudança.

Nesta perspectiva, as atividades desenvolvidas no ensino de Física Experimental devem favorecer a compreensão do mundo, por meio da observação dos fenômenos da natureza, da experimentação e das relações com os acontecimentos do dia-a-dia.

A compreensão física do mundo como um todo é facilitada quando são estabelecidas relações entre os diferentes conteúdos das disciplinas do currículo, isto é, quando se faz uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, visando a integração com outras áreas do conhecimento.

Acredita-se ser este um caminho para desenvolver competências e habilidades básicas que permitam aprender a aprender, na perspectiva de uma educação permanente e de uma formação continuada.

No contexto educativo atual, os modelos de resolução não tratam apenas de simples memorização, reforço positivo, instrução programada, estímulo ou tecnologia educacional. Neste início de século, as palavras chaves são flexibilização, qualidade total, educação permanente, aprendizagem contínua, aprendizagem significativa, mudança conceitual e construtivismo.

A produção do conhecimento pelo ser humano deve estimular a mudança conceitual, facilitar a aprendizagem significativa e ser construtivista.

No entanto, a prática docente ainda aborda as questões por meio de duas grandes correntes: o empirismo e o apriorismo.

A primeira corrente focaliza o objeto e é representado por autores como J.B. Watson (1878-1958) e B. F. Skinner (1974). A segunda, o apriorismo, está fundamentada na psicologia da Gestalt (1920). O apriorismo focaliza o conhecimento no sujeito, por outro lado, o empirismo tem como foco o objeto.

Onde está o conhecimento? Segundo *Piaget*, o conhecimento não está no sujeito nem no objeto. Para ele, o conhecimento se constrói na interação do sujeito com o objeto. É por esta razão que a teoria piagetiana é chamada de construtivismo interacionista.

De forma esquemática tem-se:

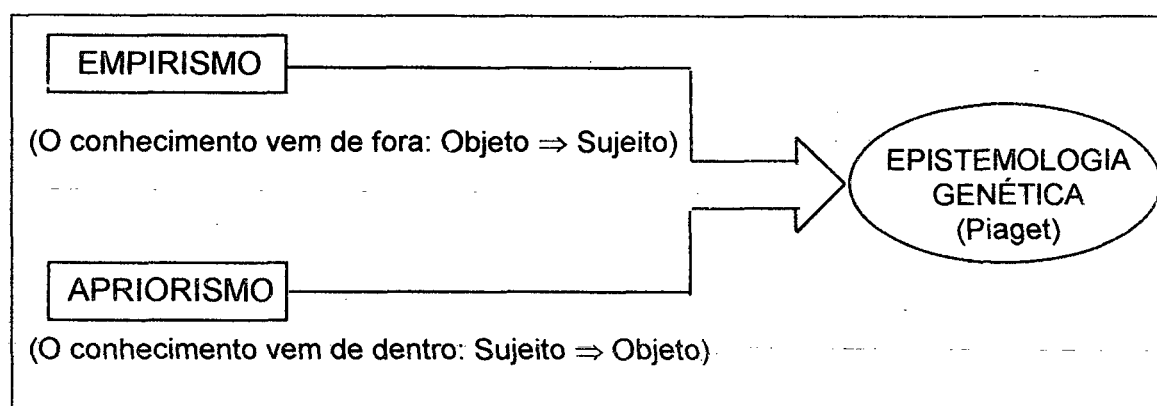


Figura 1.1: Teorias de estímulo-resposta e teoria cognitiva.

A construção do conhecimento se dá devido à interação entre o sujeito que conhece e o objeto a ser conhecido. Por isso, é possível construir o conhecimento a partir da realidade do estudante. Não somente da realidade social, mas também da realidade cultural, abordando os conteúdos, levando em conta os conhecimentos prévios, história de vida e, também, considerando a realidade interna de cada ser humano. Neste sentido, o estudante deve ser o centro do processo educativo. De fato, para o professor transformar sua

prática tradicional em construtivista, como alternativa prazerosa, visando facilitar a aprendizagem do aluno, são necessárias algumas reflexões:

- a) que reconstrua sua prática pedagógica, analise e reflita sobre ela, repensando os meios e suas contradições;
- b) que faça a opção pelo construtivismo, como uma alternativa que gere orientação e compreensão da sua prática pedagógica.

Este ponto será analisado de modo substanciado no Capítulo 2.

Segundo Piaget (1970), o conhecimento ocorre numa relação dinâmica e não estática. Logo, a organização de atividades experimentais quando realizadas em grupos de estudantes, estimulam o desenvolvimento de competências tais como: organização, assimilação, acomodação, adaptação, cooperação, relacionamento interpessoal, coordenação motora e espírito de equipe. Aceita-se que o trabalho em grupo favorece o *“fortalecimento dos vínculos de família, os laços de solidariedade humana e a tolerância recíproca, em que se assenta a vida social”*. (Parâmetros Curriculares Nacionais, 1999, p.31).

A dualidade teoria-prática presente no modelo tradicional de aprendizagem se baseia em fatos desvinculados do cotidiano. O modelo tradicional não enfatiza a contextualização e a interdisciplinaridade. Assim, freqüentemente se apoia na memorização e restringe o ensino à aplicação de fórmulas que, sozinhas, pouco contribuem para uma *“aprendizagem significativa”* (Ausubel, 1968, p.41).

A metodologia tradicional nem sempre focaliza a observação e a experimentação, fundamentais no método científico convencional. Desse modo, restringe-se a potencialidade e a capacidade criativa. Para entender o mundo em que vivemos, constituído pelo macrocosmo (mundo grande) e microcosmo (mundo pequeno), impõe-se observação e experimentação, que são indispensáveis, tanto em laboratório de pesquisa como em laboratório de ensino.

O ensino de Física Experimental que se adota, hoje, na maioria das unidades escolares de Fortaleza não contempla a interdisciplinaridade, a contextualização, a integração com outras áreas e os conhecimentos prévios do aluno. Assim, essa forma de ensino *“apenas ilustra o que já foi ou será exposto pelo professor”* (Piaget, 1978, p.41). Sabe-se da eficiência das aulas expositivas, mas elas geralmente se apoiam em fatos desvinculados da vida real. Logo, faz-se necessário a reconstrução eficaz do conhecimento utilizando uma nova proposta didática. Tal proposta consiste na elaboração de um modelo de Física Experimental articulado com os fundamentos teóricos do construtivismo. Nisto, acredita-se, reside a diferença em relação a outras metodologias utilizadas no processo de ensino-aprendizagem de Física em laboratórios.

1.5 Metodologia

O presente estudo do ponto de vista de abordagem do problema definido, caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, aplicada na

Universidade de Fortaleza (UNIFOR), durante seis semanas do primeiro semestre de 2001, em turmas de laboratório de Física.

Cinco turmas realizaram as mesmas experiências, sendo que três turmas realizaram três experiências com abordagem tradicional e duas turmas desenvolveram os mesmos assuntos por meio de abordagem construtivista.

Uma semana após a realização de cada experiência, aplicou-se um questionário, com quatro questões relacionadas aos conceitos estudados, em que o aluno deveria responder e justificar as respostas com argumentos físicos.

Ao todo foram três questionários, cada um com quatro questões respondidas por 55 alunos de Física Experimental, nas seguintes disciplinas:

- a) Física Experimental III (Curso de Engenharia, com 32 alunos);
- b) Circuitos Elétricos e Eletrônicos (Curso de Informática, com 23 alunos).

Uma vez recolhidos os questionários, os mesmos foram colocados em tabelas e gráficos após a sexta semana, para classificação e análise, utilizando-se recursos e técnicas da estatística (percentagem, média, desvio padrão e variabilidade).

1.6 Limites da Pesquisa

Tendo em vista os objetivos propostos, as hipóteses levantadas, o vasto trabalho de Piaget, os estudos de Vygotsky e a Física, dividida em diversos

ramos, cada um capaz de absorver toda uma curta vida de trabalho acadêmico; na delimitação do tema desta pesquisa focalizou-se os seguintes pontos, que foram considerados na formulação de experimentos em Física Básica:

1. Três experiências de Física (Campo Elétrico, Lei de Ohm e Indução Eletromagnética), - construtivista e tradicional;
2. Os estudos piagetianos (Método Clínico e Equilibração);
3. A Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky);
4. A Teoria das Inteligências Múltiplas (Gardner).

1.7 Resultados Esperados

Do ponto de vista teórico e organizacional, espera-se que o modelo físico desenvolvido, ao final do processo, favoreça a:

- Familiarização e domínio dos princípios da Física;
- Capacidade de relacionar a teoria com a prática;
- Compreensão da fundamentação teórica responsável pelos avanços científicos e tecnológicos;
- Competência para compreender os avanços tecnológicos que orientam a produção de conhecimento, bens e serviços;
- Capacidade para usar diferentes tecnologias relativas às ciências da natureza e às outras áreas de atuação;

- Organização de atividades experimentais aplicáveis em outras áreas do conhecimento, visando desenvolver a satisfação, motivação, conteúdos, competências básicas e habilidades.

1.8 Descrição dos Capítulos

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O Capítulo 1 apresenta uma introdução, com definição do problema, objetivos, hipóteses, justificativa, metodologia, limitações e resultados teóricos e práticos esperados.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

O Capítulo 2 enfoca os fundamentos teóricos do construtivismo, focalizando o Método Clínico e o núcleo central da teoria de Piaget, que é a Equilibração. É apresentada parte da teoria de Vygotsky, na qual se destaca a Zona de Desenvolvimento Proximal e faz-se referência à teoria das Inteligências Múltiplas (Gardner, 1984).

CAPÍTULO 3 – MODELO CONSTRUTIVISTA PARA LABORATÓRIOS

No Capítulo 3, uma proposta com abordagem construtivista, como alternativa ao Modelo Tradicional, é descrita, por meio da elaboração de três experiências de Física Básica.

CAPÍTULO 4 - MODELO TRADICIONAL

Apresenta três experiências (Campo Elétrico, Lei de Ohm e Indução Eletromagnética) tendo como referência, para uma elaboração diferente, a abordagem tradicional.

CAPÍTULO 5 – MODELO TRADICIONAL VERSUS MODELO CONSTRUTIVISTA

No Capítulo 5, os resultados da aplicação das experiências que constituem os modelos Tradicional e Construtivista, são avaliados e analisados com recursos estatísticos nas seguintes disciplinas:

- a) Física Experimental III (Cursos de Engenharia);
- b) Circuitos Elétricos e Eletrônicos (Curso de Informática).

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

O Capítulo 6 apresenta a conclusão, análise de algumas questões levantadas na introdução, sugestões e recomendações para estudos futuros.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

2.1 Introdução

“O termo construtivismo refere-se a uma linha teórica que interpreta o conhecimento, o saber humano, como resultante de um processo em construção” (Garakis, 1998, p.105). Também é acrescentado que o processo de construção e reconstrução do saber humano é encontrado nas diversas áreas do conhecimento e em todos os níveis de escolaridade. Assim, essa abordagem está presente no ensino Pré-escolar, Fundamental, Médio e de Nível Superior, tanto *Latu Sensu* quanto *Strictu Sensu*.

Reforça ainda que, para compreender o Construtivismo e as consequências práticas de tal concepção, faz-se necessário buscar as origens da construção do conhecimento. Como se origina e evolui o conhecimento? Como é o sistema de referência que fundamenta o Construtivismo? Essas questões serão abordadas a seguir.

2.2 O Comportamentalismo e o Conhecimento

A abordagem ao conhecimento, segundo Mizukami (1986, p.26), caracteriza-se pelo primado do objeto (empirismo), sendo que *“a experiência planejada é considerada a base do conhecimento, isto é, o conhecimento é o resultado direto da experiência”*.

Provavelmente o mais conhecido representante do comportamentalismo é Skinner (1974), famoso por suas pesquisas sobre como as recompensas e as punições influenciam o comportamento. Ele acreditava que o reforço positivo, tais como aplauso, comida e dinheiro eram mais efetivos, promovendo bom comportamento, ao contrário do reforço negativo ou punição (Phillips, 1996, p.279). Portanto, na visão comportamentalista, o conteúdo da inteligência vem de fora para dentro. Conforme Garakis (1998, p.17), ele pode ser representado da seguinte maneira:

Sujeito (mente) ←————— Objetos de conhecimento (mundo).

2.3 Apriorismo e Conhecimento

“Por outro lado, o nativismo, apriorismo ou inatismo (primado do sujeito) afirma que as formas de conhecimentos estão pré-determinadas no sujeito” (Mizukami, 1986, p.2).

Contrariamente à posição comportamentalista, esta concepção considera o sujeito como determinante, havendo uma predominância de ação do sujeito sobre os objetos de conhecimento, conforme Garakis (1999, p.18), como mostra o esquema a seguir:

Sujeito (mente) —————→ Objetos de conhecimento (mundo).

2.4 O Construtivismo de Piaget e o Conhecimento

Uma outra maneira de olhar o conhecimento é através do Construtivismo.

“Nesta última tendência, não há pré-formação, nem endógena (inata), nem exógena (empirista), mas um desenvolvimento contínuo de elaborações sucessivas que implicam a interação de ambas as posições” (Mizukami, 1986, p.3).

Para os teóricos do cognitivismo (entendimento, compreensão) o conhecimento resulta da interação do sujeito com os objetos do conhecimento.

A relação proposta por Piaget conforme Mizukami (1986, p.60), pode ser sintetizada da seguinte forma:

Sujeito (mente) ↔ Objetos de conhecimento (mundo).
--

Segundo Pozo (1998, p.177), em qualquer abordagem ao processo de aprendizagem, é obrigatório fazer referência à obra de Piaget. No livro *Epistemologia Genética*, Piaget afirma que *“o conhecimento humano não poderia ser concebido como algo predeterminado nas estruturas internas do indivíduo, pois que estas resultam de uma construção efetiva e contínua”*.

Para Battocchio (1998, p.10), as duas teorias filosóficas do conhecimento (empirismo behaviorista ou comportamentalismo de um lado e apriorismo do outro), criticadas por Piaget, são entre si excludentes, cada qual focalizando e priorizando apenas um dos pólos que a produção do conhecimento postula.

Neste sentido, a teoria do Construtivismo, segundo Battocchio (1998, p.22), *“define a tese de que o sujeito epistêmico, produtor do conhecimento, é resultado de uma construção permanente”*.

O paradigma pós-moderno caracteriza-se pela transição onde, ao lado da concepção anterior de um sujeito que adquire conhecimento, é ensinado e aprende, emerge uma outra em que o sujeito é construtor de conhecimentos e aprende a aprender (Silva, 1987, p.17). Para Demo (1993, p.214), *“aprender a aprender não indica um estoque acumulado de conhecimentos, mas uma estratégia de manejar e produzir conhecimentos, em constante renovação”*.

“A teoria do conhecimento é uma teoria de adaptação do pensamento à realidade, mesmo se esta adaptação revela, no final das contas, como aliás todas as adaptações, a existência de uma inextricável interação entre sujeito e objetos”. (apud Piaget, 1973 & Garakis, 1998, p.15).

Um dos objetivos das pesquisas de Piaget, segundo Garakis (1998, p.9), é *“explicar a origem e evolução do conhecimento elaborado pelos homens, sejam eles cientistas ou não.”* Lévi-Strauss, antropólogo francês, ao se referir a cognição humana, afirma em seu livro, O Pensamento Selvagem (1962), *“que não existem diferenças significativas entre as capacidades mentais dos povos civilizados e primitivos”* (Santos et al, 1997, p.73).

Quanto a sua visão epistemológica, que supera a dicotomia entre o sujeito e o objeto, Piaget entende o ser humano como sujeito ativo no processo de construção do conhecimento, estabelecendo uma relação interativa com o mundo, resultando dessa interação o pensamento racional. *"Para conhecer os objetos o sujeito deve agir sobre eles e, portanto, transformá-los: deve deslocá-los, ligá-los, combiná-los e reuni-los novamente"*. (apud Piaget & Garakis, 1998, p.16).

2.4.1 Organização e Adaptação

Para Garakis (1998, p.20), todo ser vivo, para sobreviver, apresenta aspectos externos de adaptação e aspectos internos de organização. A função biológica de adaptação implica ações para manter o equilíbrio com o meio ambiente, enquanto a organização visa à preservação da existência. As funções de adaptação e organização da inteligência também apresentam uma relação de dependência mútua, segundo Piaget.

2.4.2 Assimilação

Segundo Azenha (1998, p.101), assimilação é a interpretação da realidade externa por algum tipo de significado já existente na organização cognitiva do sujeito. Para ilustrar essa idéia, Piaget cita um exemplo: *"Um coelho que come couve não se transforma em couve, é a couve que se transforma em coelho; e isto é assimilação. Psicologicamente é a mesma coisa. Não importa qual seja o estímulo integrado às estruturas internas"* (apud Piaget & Garakis, 1998, p.22).

Isto quer dizer, segundo Garakis (1998, p.23), *“que um estímulo para ser assimilado necessita ser transformado, cabendo ao sujeito realizar esta transformação e não ao objeto; a modificação do objeto depende da estrutura cognitiva do sujeito”*.

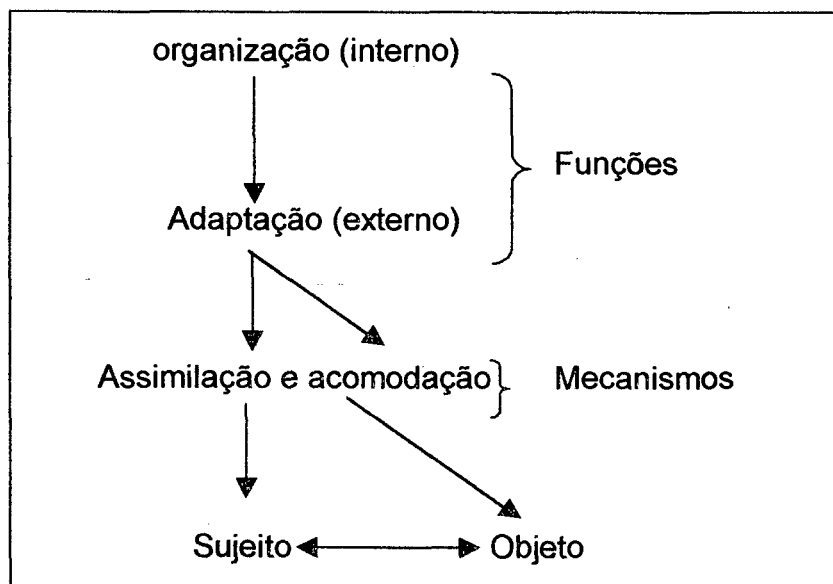
Para Moreira (1999, p.81), *“quando os esquemas de assimilação não conseguem assimilar determinada situação, o organismo (mente) desiste ou se modifica. No caso da modificação, ocorre a acomodação, ou seja uma reestruturação da estrutura cognitiva (esquema de assimilação existente) que resulta em novos esquemas de assimilação. Se o meio não apresentar problemas, dificuldades, a atividade da mente será apenas de assimilação; contudo, diante delas se reestrutura (acomoda) e se desenvolve. É mediante a acomodação que se dá o desenvolvimento cognitivo”*

2.4.3 Acomodação

A acomodação, para Azenha (1998, p.100), é o processo de adaptação do indivíduo (estrutura cognitiva) ajustando-se às formas que a realidade lhe apresenta para compreender objetos que não podem ser compreendidos sem esse mecanismo. Segundo Piaget (1967, p. 30), *“o ser vivo não sofre, jamais, impassível, a ação dos corpos que o rodeiam, apenas esta ação é que modifica o ciclo acomodador, e acomoda o ser ao objeto”*.

Desse modo, para Garakis (1998), uma síntese entre as funções de organização/adaptação e os mecanismos de assimilação/acomodação pode ser representada na figura a seguir:

Figura 2.1: Funções e mecanismos da inteligência



Fonte: Adaptada de Garakis, Divulgando Piaget (1998, p.30).

A construção do conhecimento, então, resulta das relações entre funções de organização e adaptação com os mecanismos de assimilação e acomodação bem como equilibração.

2.4.4 Equilíbrio e Natureza

No decorrer da história, conforme Feynman (1999, p.115), o progresso das ciências levou à descoberta de diferentes formas de energia: química, térmica, elétrica, nuclear, etc. Quando se considera todas as formas em que se manifesta, a energia total de um sistema isolado é constante. Esta é a lei de conservação de energia, um dos princípios básicos da ciência moderna,

enunciado independentemente por Joule, Mayer e Helmholtz, por volta de 1850. Segundo esse princípio, nos processos que ocorrem na natureza, esta grandeza, a energia, não diminui nem aumenta, sendo apenas transferida de um corpo para outro, sugerindo equilíbrio.

Nos sistemas termodinâmicos, o enunciado, “*se dois sistemas estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre si*” é conhecido como a Lei Zero da Termodinâmica. (Calçada, 1988, p.52).

Para Ramalho et al (1999, p.61), “*Se dois ou mais corpos trocam calor entre si, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas pelos corpos, é nula, até o estabelecimento do equilíbrio térmico*”.

Na química, uma reação pode desagregar moléculas e agregá-las em outras formas que podem ser mais estáveis, logo, mais equilibradas. (Linus Pauling, 1986, p.18).

Segundo Alvarenga e Máximo (2000, p. 519), em algumas regiões onde o inverno é rigoroso, os rios e lagos se congelam somente na superfície. Se a água não apresentasse este comportamento na dilatação, os lagos e rios se congelariam totalmente, causando danos irreparáveis às plantas e a animais aquáticos. Este fato é importante para que a flora e a fauna sejam preservadas, mantendo o equilíbrio ecológico.

Para Rolf (1990, p. 16), o campo gravitacional da Terra é de longe a influência física mais poderosa sobre qualquer vida humana. A força gravitacional é tão constante, ao nível do mar, que não podemos senti-la, pois

o homem só percebe a estimulação sensorial quando ela varia. *“Percebemos a luz porque há períodos de escuridão, o som porque conhecemos o silêncio”*.

Acrescenta Ida Rolf, no livro *Rolfing: A Integração das Estruturas Humanas* (1990), que os seres humanos estão sempre se ajustando às suas necessidades respiratórias, circulatórias, perceptivas. *“No mundo orgânico existe sempre uma necessidade de movimento na perspectiva de um equilíbrio, com influências físicas, químicas, biológicas e psicológicas”*. Neste sentido, para Wazlawick (1993, p. 3), a tendência dos sistemas físicos, químicos e biológicos é buscar um equilíbrio, acrescentando que a construção do conhecimento também parece necessitar de um processo de equilíbrio cibernético ou processo de auto-regulação, na busca de compensações.

Segundo Zohar (1990, p. 15), a tendência do ser humano é buscar continuamente um equilíbrio na sua relação consigo mesmo, com os outros e com o mundo como um todo.

2.4.5 Equilíbrio Majorante

Com relação à cognição, processo relativo à produção do conhecimento, a situação mostra-se bem mais complexa. O processo parece consistir em uma série de equilibrações e desequilíbrios momentâneos, seguidos de reequilibrações não menos momentâneas. Neste sentido, pode-se detectar um leve desequilíbrio das estruturas cognitivas do ser humano na interação com o mundo que o rodeia (Wazlawick, 1993, p.4).

Para ele, Wazlawick, tal desequilíbrio pode levar a um reequilíbrio na busca de ensaios com o ambiente e reflexões de ações, criando novas estruturas mentais e, conseqüentemente, uma série de novos problemas. *“A maior contribuição que uma teoria pode dar ao progresso do conhecimento reside em sua capacidade de levantar problemas. Sendo assim, o conhecimento não apenas tem origem em problemas; ele termina sempre em problemas de maior profundidade e fecundidade”* (Carvalho, 2000, p.74).

A tentativa de reequilibrar uma situação pode conduzir ao sucesso momentâneo, mas vai abrir caminho para que outros desequilíbrios aconteçam. As reequilibrações que buscam um patamar cada vez mais elevado de equilíbrio constituem o que Piaget denominou de *equilibração majorante* (melhorada) e estão relacionados às fases do desenvolvimento.

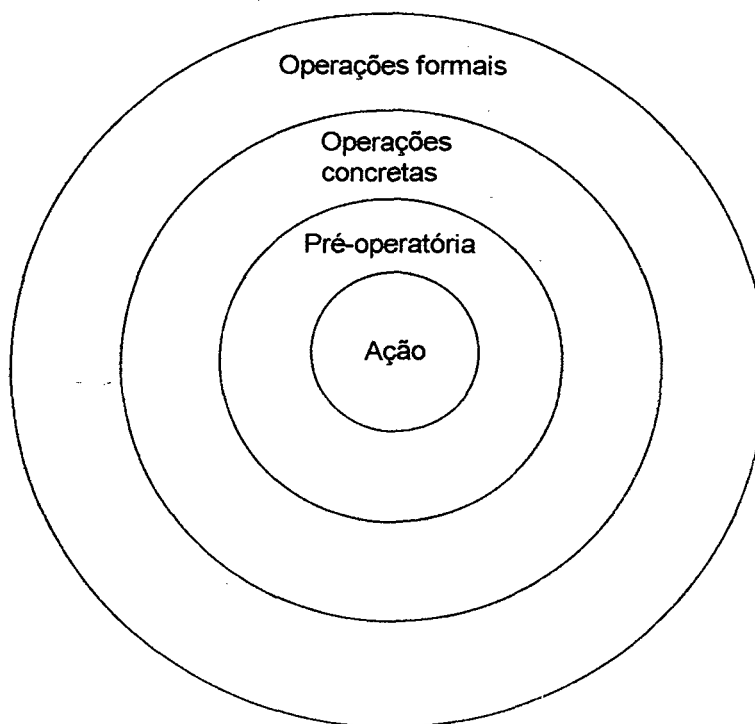
2.4.6 Fases do Desenvolvimento Mental

O conhecimento não é gerado por um acúmulo de experiências. Ele se desenvolve em fases etárias identificadas por Piaget e conhecidas como:

- a) **Sensório-Motora;**
- b) **Pensamento pré-operatório (aproximadamente de 1 ano e meio até os 7 anos de idade);**
- c) **Operações Concretas;**
- d) **Operações Formais (dos 11, 12 anos de idade em diante).**

Segundo Garakis (1998, p.37), a evolução do saber humano sugere uma direção não linear, e sim uma espiral ascendente conforme mostra a Figura 2.2, a seguir.

Figura 2.2: Fases da Inteligência



Fonte: Adaptada de Garakis (1998, p. 38)

A inteligência, segundo Piaget, é algo que vai se construindo por etapas.

Para Battocchio (1998, p.31), "A cada um desses níveis correspondem vários sub-níveis que, conjuntamente, formam o sistema psicogenético. São estes níveis, (níveis e sub-níveis) que se formam em fases sucessivas e ordenadas, as instâncias específicas e produtoras de conhecimentos qualitativamente diferenciadas, marcando assim, as etapas da evolução e da constituição do sujeito epistêmico".

2.5 Equilibração e Fatores que Determinam o Desenvolvimento Mental

O desenvolvimento orgânico, experiências, exercícios e transmissões educativas apontadas como fatores de desenvolvimento mental necessitam de um fator que coordene os demais. A passagem de uma fase do desenvolvimento mental para outra é indicado por Piaget, como sendo a *equilibração* (Garakis, 1999, p.77). Ela acrescenta ainda, que o equilíbrio, referido aqui, *“não é uma simples compensação de forças que levariam a uma imobilização e não poderia, desta maneira, justificar a evolução mental”*.

De acordo com Moreira (1999, p.83), esse processo equilibrador, que Piaget chama de *equilibração majorante* é o responsável pelo desenvolvimento cognitivo do sujeito. *“É por meio de equilibração majorante que o conhecimento humano é totalmente construído em interação com o meio físico e sociocultural”*.

Nesta mesma linha de raciocínio, o psicólogo romeno Feuerstein defende a premissa de que *“o ser humano é maleável, tem plasticidade, e que todos, em qualquer idade, podem se modificar”* (Depresbiteres, 2000, p.73).

Para Feuerstein (1986, p. 38), a inteligência também pode ser modificada em qualquer fase do desenvolvimento dos esquemas mentais. Os cromossomos não têm a última palavra e os genes pelo que se sabe, até hoje, têm a probabilidade, mas não o poder de determinar o destino de uma pessoa.

Feuerstein segundo Depresbiteres (2000, p. 74), iniciou a construção da teoria da modificabilidade cognitiva trabalhando com a mediação de

crianças sobreviventes da Segunda Guerra, fundamentando-se em Piaget e Vygotsky.

2.6 A Teoria de Vygotsky

Lev Vygotsky, russo-judeu, advogado, graduou-se também em História e Filosofia. Em 1917, após a revolução russa, iniciou sua carreira como psicólogo. Suas obras foram censuradas, chegando ao Ocidente somente nos anos 60. No Brasil, somente no início da década de 80 (Veer & Valsiner, 1999, p.17).

O complexo conjunto de suas idéias constituem a teoria histórico-cultural.

Esta teoria, também denominada sócio-interacionista, propõe que os fenômenos sejam estudados como processo de mudanças numa abordagem marxista (Barbosa, 1999).

Para Vygotsky, há períodos ideais para a aprendizagem de uma capacidade intelectual, existindo uma maneira de estabelecer os períodos apropriados para a aprendizagem de capacidades intelectuais diversas.

Visando fundamentar suas idéias a respeito da aprendizagem, Vygotsky voltou-se para o conceito da zona de desenvolvimento proximal.

2.6.1 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD)

“A zona de desenvolvimento proximal da criança é a distância entre seu desenvolvimento real, determinado com a ajuda de tarefas

solucionadas de forma independente, e o nível de seu desenvolvimento potencial, determinado com a ajuda de tarefas solucionadas pela criança com a orientação de adultos e em cooperação com seus colegas mais capazes". (apud Vygotsky & Veer & Velsiner, 1996, p.365).

A zona de desenvolvimento proximal, afirmou Vygotsky, encontra-se entre o desenvolvimento real e o potencial. O nível de desenvolvimento real independente é uma característica das habilidades intelectuais que o estudante já consegue dominar, representando as funções amadurecidas, os resultados do ontem. Todavia, o nível de desenvolvimento potencial apresenta características do seu desempenho futuro; revelando os resultados do amanhã (Veer & Valsiner, 1996, p.365).

A zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o que a criança sabe fazer sozinha (o desenvolvimento real) e aquilo que é capaz de realizar com a cooperação de alguém mais experiente (o desenvolvimento potencial).

Assim, o que hoje é zona de desenvolvimento proximal, transforma-se em desenvolvimento real amanhã (Rego, 1997, p.74).

Ainda com relação à zona de desenvolvimento proximal, Vygotsky (1933) afirma que: *"Na brincadeira, a criança está sempre se comportando acima de sua idade, acima de seu comportamento usual do dia-a-dia; na brincadeira ela está, por assim dizer, um pouco adiante dela mesma. A relação entre brinquedo e*

desenvolvimento pode ser comparada com a relação entre instrução e desenvolvimento... o brinquedo é uma fonte de desenvolvimento e cria a zona de desenvolvimento proximal". (apud Vygotsky & Veer & Valsiner, 1996, p.373).

Fora da ZDP, a mediação não gera nenhum desenvolvimento. Isto porque o aluno já sabe ou não se é capaz de compreender o que o mediador está tentando explicar. Portanto, ensinar o que a criança já sabe é pouco estimulante e ir além do que ela pode aprender é ineficaz. O ideal é partir do que ela já sabe para aumentar seus conhecimentos (Rego, 1997, p.5).

Neste sentido, E. Duckwork criticou recentemente o reducionismo da aprendizagem de conteúdos escolares à aprendizagem de noções, conceitos ou estruturas operatórias em um artigo cujo título é muito significativo, *"Ou se ensina muito cedo e eles não podem aprender ou muito tarde e eles já sabem: o dilema de Piaget (1979)"* (Colli, 1998, p.182).

2.7 Teoria das Inteligências Múltiplas

A estruturação do pensamento é condição indispensável para gerar a compreensão, que requer ações coordenadas dos sentidos físicos (tato, visão, audição, olfato e paladar) na interação com o mundo. Dentre as múltiplas competências intelectuais as quais o ser humano pode pesquisar, identificar, cultivar, desenvolver, eis oito tipos ou módulos de inteligência (Gardner, 1984):

- 1. Inteligência Intrapessoal.** Capacidade de auto-conhecimento, autodisciplina e auto-estima. Essa inteligência inclui a consciência das próprias forças, limites, desejos, temperamento e motivações;

2. Inteligência Interpessoal. Capacidade de percepção da intencionalidade, motivação, pensamentos, sentimentos e emoções de outras pessoas. A característica básica da inteligência pessoal (intrapessoal e interpessoal), é viver bem consigo mesmo, com o outro e com a Natureza;

3. Inteligência Musical. Capacidade de perceber e reconhecer padrões sonoros, intensidade, altura e timbre diferentes. A sensibilidade para distinguir e ordenar sons musicais do compositor Beethoven, traduz sua competência musical no universo da arte;

4. Inteligência Corporal. Aptidão que permite ao craque desenvolver habilidades básicas (força, velocidade, resistência, flexibilidade) e aprimoramento técnico, como por exemplo: Pelé, mantendo o controle harmônico sobre os movimentos do corpo no campo gravitacional. Este é o mesmo talento cinestésico do ator Fred Astaire, do bailarino excepcional ou do simples contorcionista do circo. Portanto, coordenação motora no uso do corpo (como atleta, ator, dançarino) e perícia no uso das mãos para desempenhar atividades cirúrgicas, mecânicas, artesanais, por exemplo resultam da inteligência corporal;

5. Inteligência Espacial. Faculdade que permite perceber com precisão objetos, visualizar formas ocultas, representar graficamente situações no espaço. A inteligência espacial pode ser estimulada por meio de tabelas, quadros, gráficos, mapas, fotografias, vídeos, "slides", filmes e quebra-cabeças visuais. E também símbolos gráficos, programas e gráficos de computador, binóculo, microscópio, telescópio. Em laboratório de Física por meio de

osciloscópio, cronômetro, transferidor, escalas, multímetro (voltímetro, amperímetro, ohmímetro). O ser humano, quando é extremamente espacial, *“pensa por imagens e figuras, gosta de planejar, rabiscar, desenhar e precisa de estímulos tais como: “slides”, vídeos, filmes, livros ilustrados, visitas a museus de arte”*. (Asmstrong, 2000, p. 64);

6. Inteligência Matemática. Faculdade que permite ao cientista raciocinar com ampla generalidade, discernir padrões lógicos ou numéricos, capacidade de ordenar fatos, números, encadeamento de raciocínio. A inteligência lógico-matemática pode ser desenvolvida através de demonstração de experimentos, apresentação sequencial de um assunto, uso de computador e exercícios cognitivos piagetianos;

7. Inteligência Lingüística. O pendor de escrever e falar do poeta utilizando a palavra adequada no momento exato, sensível à estrutura, funções e significados da linguagem. Na escola, as técnicas utilizadas como estímulos para desenvolver a inteligência lingüística-verbal podem ser: discussões em grupos, explosão de idéias, participação oral espontânea, leitura, publicação de jornais da turma e atividades escritas;

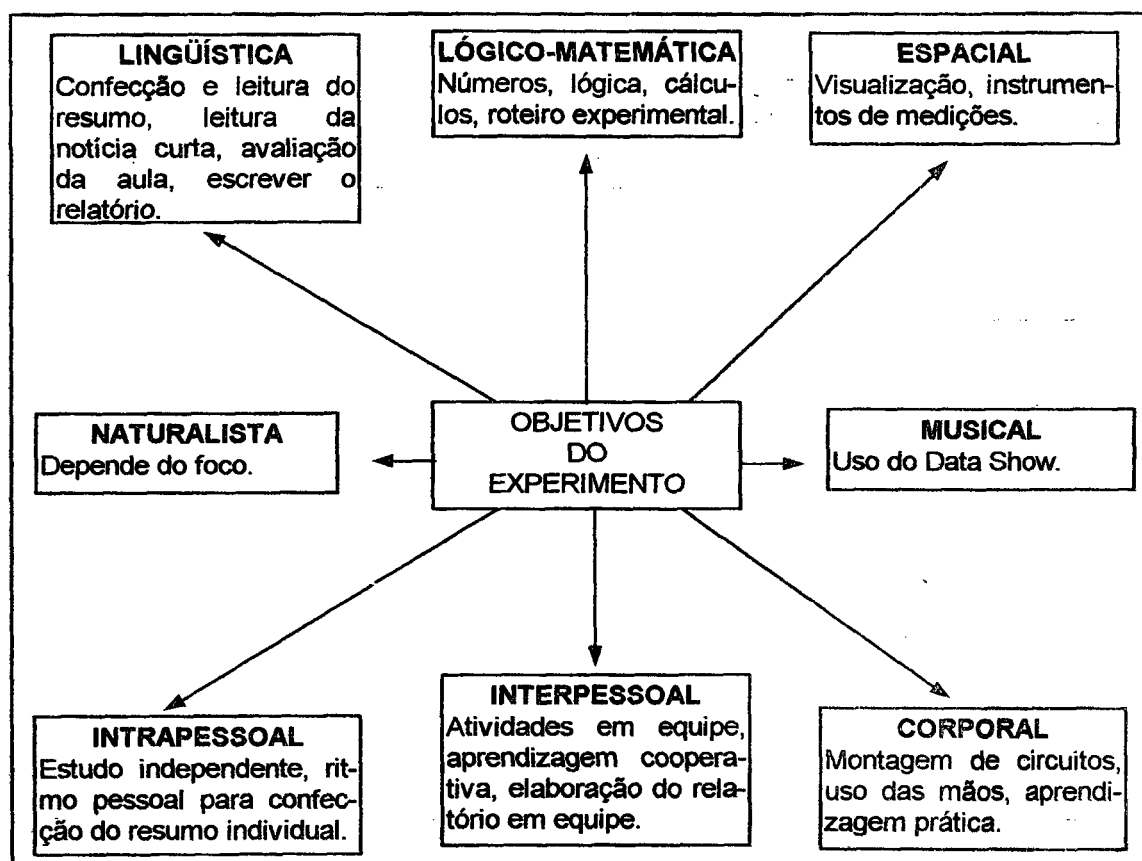
8. Inteligência Naturalista. Sensibilidade aos fenômenos naturais, por exemplo, a formação das nuvens. Perícia na classificação da fauna e da flora, importante para a preservação de ecossistemas da Terra. O desenvolvimento dessa inteligência pode ser estimulado através de estudos dos princípios científicos por trás da clonagem, alimentos transgênicos, equilíbrio ecológico, camada de ozônio, efeito estufa, agricultura natural, poluição sonora, visual e atmosférica;

2.8 Inteligências Múltiplas no Laboratório

Para Armstrong (2001, p.19), Piaget oferece um mapa abrangente para a inteligência lógico-matemática, enquanto Lev Vygotsky apresenta modelos de desenvolvimento da inteligência lingüística. Neste sentido, Armstrong (2000) acrescenta que a Teoria das Inteligências Múltiplas, *“alerta que não existe um conjunto de estratégias de ensino que funciona melhor para todos os alunos, sempre”*.

A seguir é apresentada a Figura 2.3 esquematizando as possibilidades do uso de inteligências múltiplas em um laboratório.

Figura 2.3: Inteligências Múltiplas no Laboratório



Fonte: Adaptada de Armstrong (2001, p. 66).

2.9 O Papel do Mediador de Aprendizagem

Para Moretto (1999, p. 115), o professor deve conhecer as competências básicas associadas ao papel de mediador do processo de ensino e aprendizagem. E acrescenta: *“Costumamos ouvir que não basta saber Física, Português, Matemática etc. para ser um bom professor dessas disciplinas”*.

Para ele, dominar o conteúdo é condição necessária, mas não suficiente. O professor precisa estar familiarizado com as tecnologias disponíveis e com técnicas de intervenção pedagógica, de maneira a gerar as condições para que a aprendizagem seja possível. Essas condições estão relacionadas às características do aluno, da disciplina e do professor. Segundo Moretto, um professor de Física que adota a abordagem tradicional de ensino, ao ensinar as noções de peso e massa, pode chegar dizendo:

“Hoje vamos mostrar a diferença entre peso e massa. Peso é a força com que a Terra atrai todos os corpos nas suas proximidades. Massa é a quantidade de matéria de um corpo. A equação que relaciona os dois conceitos é a seguinte: $P = m \cdot g$, onde g é o valor da aceleração da gravidade e vale $9,8 \text{ m/s}^2$ ao nível do mar. O peso, P , de um corpo é dado em Newtons e a massa, m , é dada em quilogramas. Todos copiaram? Vamos a um exemplo: Quanto é o peso de um corpo de massa 10kg ? Para responder é só aplicar a equação $P = mg$. Isto é, $P = 10 \times 9,8$ e temos $P = 98\text{N}$ ”.

Nesta situação, o professor demonstra conhecimento dos conceitos relativos aos objetos de conhecimento massa, peso e aceleração da gravidade. Porém, parece desconhecer outra maneira de fazer com que seus alunos se apropriem desses conhecimentos de forma significativa. Para isso, usando uma abordagem construtivista, Moretto (1999, p.117) sugere que a aula deveria ser mais ou menos assim:

“Nosso objetivo de hoje é estudar a diferença entre peso e massa.

Inicialmente, vamos ver o que vocês já sabem sobre o assunto.

João, qual o seu peso?

– 62 quilos, professor.

– E você, Carolina, qual é a sua massa?

– 45 quilos, professor.

– Artur, você sobe na balança para se “pesar” ou para se “massar”?

(Risos generalizados. Um ar de espanto na turma).

– Pois é, vocês perceberam que eu perguntei ao João qual era o peso dele e ele me disse que era de 62 quilos. Perguntei a massa de Carolina e ela me disse que era de 45 quilos. Da forma como as respostas foram dadas, em quilos, tenho a impressão de que para vocês massa e peso são sinônimos. Seriam mesmo? Será que tanto a massa de um corpo quanto seu peso são dados em quilos como disseram? Vocês não acham que há algo errado nessa linguagem? E por que riram com minha pergunta ao Artur? Ora, se a balança

mede nossa massa, subimos nela para medir nossa massa e não o peso, não é mesmo? E então, quem seria capaz de me explicar a diferença entre os dois?”

De acordo com Moretto, a aula deve continuar na mesma linha de perguntas e respostas, desequilíbrios e reequilíbrios cognitivos sucedendo-se durante a aula.

Para Feynman (1999, p. 23), a técnica pedagógica era simples: *“Primeiro descubra por que quer que os seus alunos aprendam o tema e o que quer que eles saibam, e o método resultará mais ou menos por senso comum”*.

Segundo Einstein (1956, p. 40), *“métodos de influência intelectual e psíquica evitam o desenvolvimento de personalidades independentes”*.

2.10 Novos Rumos da Educação

Do ponto de vista de uma apreciação externa, segundo Zabala (1998, p. 156), poderia haver certa perplexidade diante de uma situação em que dois professores da mesma escola e diante de alunos com características gerais parecidas, ao tratar um mesmo tema, apresentam propostas didáticas diferentes. Como é possível conviver, compreender e aceitar dois modelos tão diferentes? Diante da pergunta sobre qual dos dois modelos é mais eficaz, qual pode ser a resposta? Para Ausubel, Novak, Hanesian, 1968; *“O fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados”*. Todavia, *“pode ocorrer que nossos alunos saibam pouco ou muito pouco, tenham*

conhecimentos contraditórios ou tenham idéias prévias total ou parcialmente errôneas" (Pozo et al, 1991; Carretero et al, 1992; Escaño e Gil de la Serna, 1992).

Segundo Zabala (1998, p. 157), o problema é justificar uma proposta didática, mas sobre que base? Procurando responder esta pergunta, Moretto (1999, p.115), recorre a Raths (1973), citado por vários autores, que enumera princípios para guiar o professor no projeto de atividades de ensino:

- *"Em iguais condições, uma atividade é preferível a outra se atribui ao aluno um papel ativo em sua realização;*
- *Em iguais condições, uma atividade é preferível a outra se exige do aluno uma pesquisa de idéias, processos intelectuais, acontecimentos ou fenômenos de ordem pessoal ou social e o estimula a envolver-se nela;*
- *Em iguais condições, uma atividade é preferível a outra se pode ser realizada por alunos de diversos níveis de capacidade e interesses diferentes;*
- *Em iguais condições, uma atividade é preferível a outra se oferece ao aluno a possibilidade de planejá-la com outros, participar do seu desenvolvimento e comparar os resultados obtidos;*
- *Em iguais condições, uma atividade é preferível a outra se for relevante para os propósitos e interesses explícitos dos alunos;*
- *Em iguais condições, uma atividade é preferível a outra se permite o exame de uma idéia, lei etc., que já conhece em um novo contexto".*

2.11 O Método Clínico

Após seu doutorado em 1918, segundo Azenha (1998, p.10), Piaget trabalhou com Binet elaborando testes de raciocínio para crianças, cuja análise desloca-se dos produtos dos testes para os processos que os causaram.

Referindo-se aos seus primeiros contatos com as crianças parisienses no laboratório de Binet, Piaget lembra: *"Procurava estabelecer com seus sujeitos conversas semelhantes à entrevistas clínicas, com o objetivo de descobrir algo sobre os processos de raciocínio subjacentes às respostas"* (Piaget, 1967, p.9).

Para Gillieron (1979, p.33), o método clínico *"permite gerar hipóteses que o experimentador formula de acordo com o desenrolar da entrevista"*.

O método clínico de Piaget é um método de conversação livre com a criança, numa relação dialética franca, espontânea e sempre guiado pelas respostas (Azenha, 1998, p.105).

Segundo Wazlawick (1993, p. 1), *"o método clínico de Piaget é um método de conversação livre com a criança, sobre um tema dirigido pelo interrogador, que segue as respostas das crianças que lhes pede que justifique o que diz, explique, etc"*.

Assim, para Wazlawick, pode-se obter um procedimento clínico de exame, análogo ao que os psiquiatras adotaram como meio de diagnóstico.

Leite et al (1998, p. 116), acrescenta que este modelo teórico torna possível não apenas uma avaliação do estágio de desenvolvimento em que se encontra o sujeito, mas também uma análise das fases da transição de um

nível a outro. Segundo Depresbitéris (1999, p. 79), Piaget defendia a idéia de um método baseado em perguntas e interpretação das respostas como indicadores para verificação dos problemas de aprendizagem. Acrescenta Depresbiteris, que a partir do método clínico, pode-se fazer uma analogia entre o médico e o professor. Enquanto *“o médico interpreta a radiografia de um paciente, o professor, que se interessa pelo processo do pensamento, radiografa o que ocorre no intelecto do educando”*.

Nesta mesma linha de raciocínio, afirma Brennan (1987, p. 219), que a percepção *“é a versão humana dos raios X ou do processo de ressonância magnética nuclear, e tão complexa como a Nova Física”*.

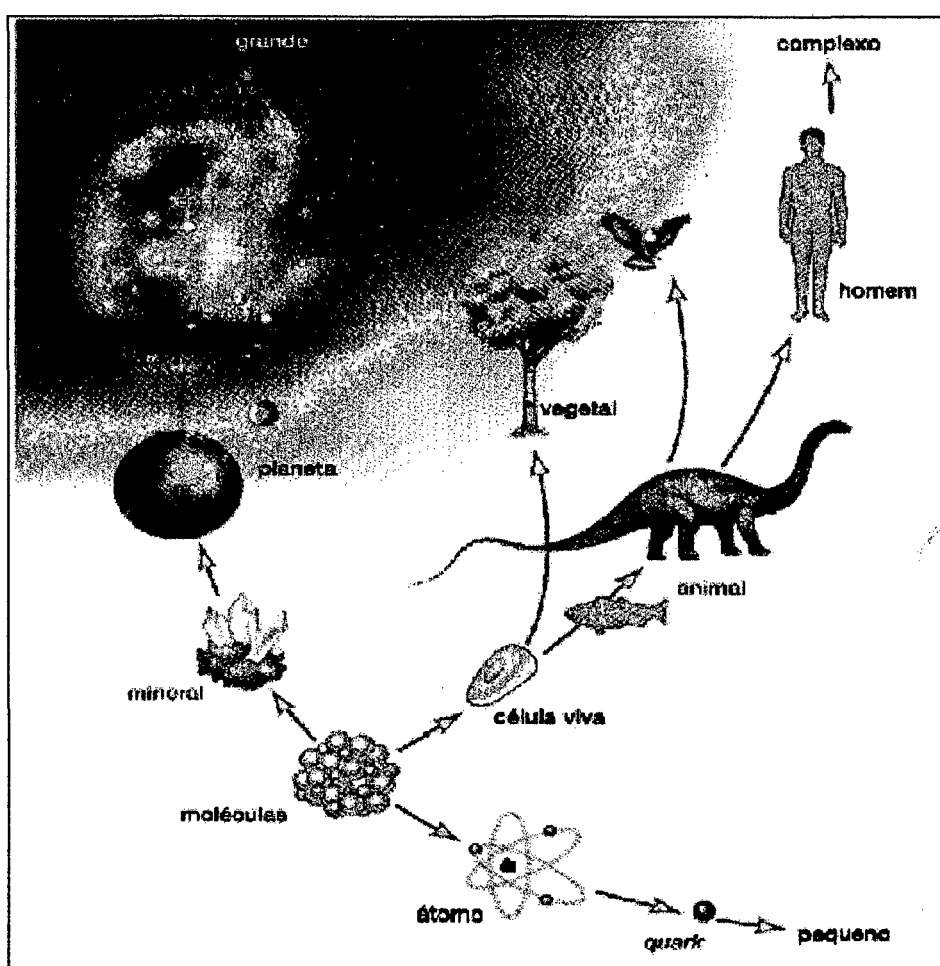
2.12 O que é a Nova Física

Segundo Resnick, (1980, p. 113), Tipler, (1981, p. 1), Amaldi, (1995, p. 410), a evolução das idéias da Física, desde a Teoria da Relatividade (1905) até a Teoria Quântica (1928) integra o campo denominado geralmente de Física Moderna. Entretanto, a Nova Física, à qual agora nos reportamos, apesar ter sua estrutura desenvolvida a partir daquelas teorias, vai muito além delas, conforme Zohar, (1990); Brennan, (1997); Alvarenga, (2000).

Segundo Alvarenga (2000, p.369), a Nova Física introduz novas idéias, tanto de caráter conceituais como práticos, constituindo-se em uma quase revolução nesta área. Essa revolução não focaliza apenas um determinado ramo bem definido desta ciência, como costumava ocorrer na evolução da Física. Ao contrário, ela é muito abrangente, relacionando-se com outros ramos, tais como a Cosmologia, a Física de Altas Energias, a Física das

Estruturas Complexas (abrangendo a Física da Matéria Condensada, a Física do Caos, a Física de Novos Materiais e a Biofísica). Assim, o universo inteiro, do infinitamente grande (macrocosmo), ao extremamente pequeno (microcosmo), inclusive das células vivas, torna-se objeto de estudo desta Nova Física, conforme é ilustrado na Figura 2.4.

Figura 2.4: Cosmvisão



Fonte: Alvarenga (2000, p. 369).

As atenções da comunidade científica, principalmente dos físicos no século XXI, estarão voltadas para três grandes áreas desta ciência:

Cosmologia, Física de Altas Energias e a Física das Estruturas Complexas, onde se inclui a Biofísica.

2.13 Considerações Finais

Os conceitos chaves da Teoria de Piaget (1971, 1973, 1977) são organização, adaptação, assimilação, acomodação e equilíbrio, segundo Moreira (1999, p.81). Neste capítulo, estes conceitos foram focalizados. Com relação à Teoria de Vygotsky, destaca-se a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD). Também mostrou-se a conexão entre Inteligências Múltiplas (Gardner, 1984) e atividades de laboratório (Armstrong, 2000, p.66).

Conforme os pontos citados acima, procurou-se articular Inteligências Múltiplas, ZPD, estudos piagetianos e Física Experimental. Para isso, apresenta-se a seguir, no Capítulo 3, a elaboração própria de um modelo de experimentos de laboratório com abordagem cognitivista ao ensino de laboratório, Moretto (1999) e Moreira (1999), numa perspectiva epistemológica – o Construtivismo.

CAPÍTULO 3

MODELO CONSTRUTIVISTA PARA EXPERIMENTOS DE LABORATÓRIO

3.1 Introdução

A abordagem ao ensino de Física Experimental aqui proposto visa a elevação da qualidade do processo de ensino-aprendizagem promovendo uma “*aprendizagem significativa*” (Ausubel, 1978, p. 110). A abordagem valoriza as concepções prévias do aluno, desenvolvendo os conceitos que gerem a compreensão dos processos científico-tecnológicos, favorecendo a contextualização, a interdisciplinaridade, a integração com outras disciplinas do currículo e demais áreas do saber.

Neste sentido, procura-se incorporar muitos dos avanços das pesquisas cognitivistas, da teoria do “construtivismo” (Piaget e Vygotsky) e das Inteligências Múltiplas (Howard Gardner, 1984). A tônica é criar condições para o aluno compreender, construir, reconstruir, desenvolver e transferir conhecimentos, especificamente conceitos físicos, sem enfatizar a aprendizagem mecânica com a simples memorização. Parte-se da problematização, conhecimentos prévios e situações-problema, relacionando-se os fenômenos físicos observados com as vivências do dia-a-dia.

3.2 Considerações Iniciais

O método é aplicado nas disciplinas Física Experimental III e Circuitos Elétricos e Eletrônicos na Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Utiliza-se do

pressuposto que essa abordagem favorece a participação ativa e continuada de todos os alunos. Há o desejo, a crença e a expectativa que os alunos desenvolvam habilidades e competências básicas que lhes favoreçam a capacidade de aprender a pensar, para continuar aprendendo.

Nesta perspectiva, incorporam-se as premissas apontadas pela United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO) como eixos estruturais da educação para o século XXI: *“aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser”* (PCN, 1999, p. 31).

3.2.1 Preparação

A cada um dos alunos é solicitado elaborar um resumo da fundamentação teórica relacionado à atividade experimental a ser realizada. Esta tarefa domiciliar visa a preparação prévia, necessária para o desenvolvimento das atividades em cada aula. Esse método induz o aluno a estimular a capacidade de síntese, favorecendo a comunicação escrita, tornando-o capaz de expressar suas idéias.

3.2.2 Leitura do Resumo

Um aluno voluntário faz a leitura do texto-resumo elaborado. A leitura visa desenvolver a habilidade de extrair o significado implícito e explícito do resumo produzido. Trata-se de um processo que envolve o sujeito e o objeto, numa interação dinâmica entre o pensamento e a linguagem. Em seguida, os componentes de cada equipe (três, no máximo) socializam as idéias dos

próprios resumos previamente elaborados e seus conteúdos são democraticamente discutidos. *“Estimular o aluno a produzir o próprio texto e a se expressar oralmente é uma responsabilidade da escola alternativa.”* (Touraine, 1999, p. 333), que reforça:

“Uma escola deve conceder importância particular tanto à capacidade de se exprimir oralmente ou por escrito, como também à habilidade para compreender as mensagens escritas ou orais. O outro não é percebido e compreendido por um ato de simpatia; ele o é pela compreensão daquilo que diz, pensa e sente, e pela capacidade de dialogar com ele (...) É necessário em particular que a escola leve os alunos a dialogar, ensine-os a argumentar um contra o outro, analisando o discurso do outro, ao mesmo tempo para aprender a manejar a língua nacional e para se tornar capaz de perceber o outro, que é a condição de uma vida em comum”.

3.2.3 Discussão Aluno-Aluno, Professor-Aluno

O professor estimula a discussão entre as quatro equipes, promovendo a troca de idéias entre todos os alunos da turma. Isso permite a integração, auxilia a interpretação e a compreensão do resumo, desenvolvendo a autonomia intelectual dos alunos. O professor destaca os pontos fundamentais, procurando fugir das dicotomias sujeito/objeto, razão/intuição, teoria/prática, sujeito/mundo, concepções prévias/concepções escolares.

3.2.4 Desenvolvimento da Experiência

São apresentados os objetivos, o material necessário e os procedimentos são sugeridos pelo professor que durante a realização da experiência, circula entre as equipes estimulando e tirando dúvidas, pois na concepção construtivista, cada atividade é um desafio a ser superado pelo aluno com a mediação do professor. Segundo Piaget, *“tudo aquilo que se ensina a uma criança não mais poderá ela inventar ou descobrir”* (Piaget, 1975, p. 31).

3.2.5 Relatório para Casa

Após a conclusão da experiência no laboratório, um relatório será elaborado em casa, com entrega prevista para o início da aula seguinte.

3.2.6 Final da Aula

Um aluno, previamente selecionado, fará a leitura de uma notícia curta, resultado de uma pesquisa feita pela equipe. Essa tarefa estimula a pesquisa em jornais, revistas, livros e Internet.

“A aula e todo processo escolar é - como a fotografia, o cinema, o rádio, a imprensa etc. - um mostrar o mundo” (apud Ghiraldelli & Cavalcante, 2000, p. 15).

A forma como o aluno vê o mundo varia, dependendo da óptica de cada um, da história de vida, do contexto social em que vive e da postura adotada por seus professores.

Para compreender as experiências vividas em sala de aula acrescenta-se ao nosso fazer pedagógico, uma prática também de pesquisa, conhecida na literatura internacional como professor-pesquisador:

"Professores no mundo todo estão se desenvolvendo profissionalmente, tornando-se professores-pesquisadores, uma maravilhosa nova classe de artistas-em-residência. Usando as nossas próprias salas de aula como laboratórios e os nossos alunos como colaboradores, estamos mudando a forma como trabalhamos com os alunos ao compreendermos sistematicamente as nossas salas de aula através da pesquisa" (Hubbard & Power, 1993, p. xiii).

3.2.7 Avaliação da Aula

Finalmente, outro aluno fará uma avaliação qualitativa e quantitativa do experimento realizado. Acredita-se que a elaboração do resumo, sua leitura, discussão, desenvolvimento da experiência, relatório, notícia curta e avaliação favoreçam a participação de todos. Deste modo, prepara-se o caminho visando gerar a compreensão, o desenvolvimento de competências básicas e a reconstrução do conhecimento. Neste sentido, as múltiplas inteligências são focalizadas e estimuladas.

3.3 Cronograma para Laboratório

No início do semestre letivo um programa é distribuído com a listagem das experiências a serem desenvolvidas. O conteúdo muda parcialmente a cada semestre, tendo como elemento de reflexão do programa dois pontos:

1. Melhoria contínuo;
2. Avalia o do programa pelos alunos.

Enfatizando a avalia o como elemento curricular com fun o didático-pedagógica de auxiliar e aprimorar o ensino-aprendizagem, apresenta-se um programa elaborado, após ouvir sugestões das turmas dos Cursos de Informática e Engenharia.

3.4 Conteúdo - Laboratório (Física Experimental)

01. Avalia o Diagnóstica;
02. Fen menos Eletrostáticos;
03. Campo Elétrico;
04. Lei de Ohm;
05. Indu o Eletromagnética (1831);
06. 1  Avalia o;
07. Revisão;
08. Associa o de Resistores;
09. Leis de Kirchhoff;
10. Capacitores;
11. Osciloscópio;
12. Circuito RC;
13. 2  Avalia o;
14. Diodo;
15. Transistor;
16. Circuito RL;

17. Revisão;

18. Avaliação Final.

3.5 Uma Abordagem Alternativa ao Ensino de Laboratório

O objetivo deste capítulo é o de focalizar diferentes abordagens ao ensino de Laboratório conforme discutidas no Capítulo 2. A razão básica desta pesquisa é propor enfoques alternativos ao ensino de Física Experimental em nível universitário básico. Para isso, a seguir, são apresentadas como exemplo, três experiências de Eletromagnetismo. Os temas escolhidos são os seguintes: Campo Elétrico, Lei de Ohm e Indução Eletromagnética.

3.6 Modelo Construtivista Enfatizando a Estrutura da Experiência

Uma experiência é a procura de uma resposta para uma pergunta (questão básica pesquisada) sobre um fenômeno da natureza.

A liberdade para escolher um caminho durante o desenvolvimento da experiência permite:

- a) a identificação das partes da experiência;
- b) a descrição da função de cada uma das partes;
- c) o estabelecimento das relações entre as partes.

A princípio tudo isso pode ser feito respondendo-se às seguintes perguntas:

1. Qual o fenômeno observado?
2. Qual o problema básico?

3. Quais os conceitos chaves?
4. Qual o procedimento – conjunto de passos – para obter as respostas?

Segundo Moreira (2000, p.30), a identificação da estrutura de uma experiência consiste em observar o fenômeno, identificar a questão básica, os conceitos chaves, as metodologias, os resultados e a importância dos resultados teóricos e práticos. Nesse sentido, a abordagem proposta a seguir procura enfatizar e facilitar a identificação da estrutura da experiência por parte do aluno.

Para que isso ocorra, as três experiências (Campo Elétrico, Lei de Ohm e Indução Eletromagnética) foram elaboradas tendo como sistema de referência o construtivismo. Cada experiência contém: problematização, objetivos, uma breve fundamentação teórica, procedimento sugerido, considerações de natureza prática e conclusão.

A problematização da forma como é apresentada, livre de conteúdos específicos e premissas culturais, pode ser aplicada a qualquer pessoa. A partir da resposta dada é possível sentir e perceber os modos de pensar do aluno e, a partir deles, traçar um panorama das formas de raciocinar, antes de desenvolver um novo conceito. Dessa forma, mesmo sem se dá conta, colocam-se em prática as idéias de vários pesquisadores tais como Jean Piaget, Lev Vygotsky e Howard Gardner.

Apesar de seus trabalhos serem independentes e distintos em vários aspectos, em outros eles se complementam. Todos partem do princípio de que ninguém avança sozinho em sua aprendizagem. A cooperação é fundamental.

A aprendizagem é um processo pessoal e intransferível. Todavia, não se faz de forma solitária, necessitando da existência de um mediador - professor, pai, mãe ou outra pessoa – que promova o diálogo entre o aprendiz e o mundo.

Os objetivos indicam o que se pretende alcançar e têm relação com a conclusão, que é uma retomada à fundamentação teórica e um sumário do procedimento experimental, permitindo a identificação da estrutura da experiência, conforme será mostrado na experiência nº 1, a seguir.

3.7 Experiência Nº 1: Campo Elétrico Simulado (Modelo Construtivista)

3.7.1 Problemática

Como é possível a transmissão de imagens, sons, etc., via satélite, através do espaço?

3.7.2 Objetivos

- Identificar fenômenos eletromagnéticos básicos, conceitos, princípios, leis e questões pesquisadas no experimento.
- Descrever o procedimento utilizado.
- Apresentar relatório com respostas às questões pesquisadas, discutindo a validade, contextualização e interdisciplinaridade dessas respostas.

3.7.3 Orientação Inicial

Esta é a primeira experiência de laboratório destinada a estudantes dos cursos de Engenharia e Informática da Universidade de Fortaleza.

A abordagem proposta é alternativa à tradicional, visando a aquisição de habilidades e competências básicas, familiarização com técnica e manuseio de aparelhos, interdependência entre a teoria e a prática, aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios.

A pretensão não é ilustrar tópicos já estudados teoricamente, nem apresentar um procedimento experimental detalhado, mostrando passo a passo o caminho a ser seguido para obter um resultado pré-determinado.

Neste sentido, não é uma receita.

A abordagem construtivista aqui proposta apresenta o problema, não diz a solução nem indica o caminho. O caminho se faz ao caminhar.

Face ao exposto, a orientação relativa ao desenvolvimento da experiência será necessariamente sumária. Espera-se do aluno uma participação ativa e independente no trabalho experimental, no relacionamento com o grupo, na investigação do problema, na escolha do método a ser seguido para obtenção das respostas e na elaboração do relatório.

Portanto, na abordagem construtivista, você terá liberdade para o planejamento, montagem, uso de instrumentos de medidas, conclusão e produção de um relatório.

3.7.4 Procedimento Sugerido

- Leia a fundamentação teórica. Ela visa a dar um embasamento ao experimento e apresentar o problema a ser pesquisado.
- Identifique os fenômenos básicos, os conceitos-chaves e o problema.
- Planeje, faça medições e anote os resultados.

- Confira as medições, consulte seus colegas e esclareça suas dúvidas com o professor que exerce uma função mediadora.
- Analise e interprete os dados.
- Faça um relatório.

3.7.5 Fundamentação Teórica

O campo eletrostático pode ser descrito pelo vetor intensidade do campo elétrico E , pelo potencial V , e graficamente, por linhas de força imaginadas por Faraday, para melhor visualização.

Estas três maneiras de descrever o campo elétrico estão relacionadas e fornecem a base necessária para o estudo experimental. Medindo-se com o voltímetro o potencial V , em alguns pontos de um campo elétrico, pode-se unir os pontos de mesmo potencial, obtendo-se uma superfície eqüipotencial.

A partir das superfícies eqüipotenciais pode-se traçar linhas de força (perpendiculares às eqüipotenciais) obtendo-se, assim, a direção e o sentido do campo elétrico. Tal procedimento permite ainda verificar que:

- ao longo das linhas de força no seu sentido o potencial V , diminui;
- onde as linhas estão mais próximas o vetor campo elétrico é mais intenso;
- as linhas de força jamais se cruzam.

Neste sentido, pode-se então, em princípio, estudar experimentalmente campos eletrostáticos de um capacitor plano, de um anel, ou de um outro corpo eletrizado com formato geométrico qualquer.

3.7.6 Considerações Práticas

Uma simulação útil para o estudo do campo elétrico consiste em ligar a uma pilha duas barras metálicas, ambas mergulhadas em água acrescida de uma solução condutora. A seguir, medindo-se o potencial V , em vários pontos, pode-se traçar linhas eqüipotenciais e posteriormente às linhas de força.

Obtém-se deste modo, informações acerca do vetor campo elétrico e de sua relação com a superfície eqüipotencial.

3.7.7 Conclusão

Você dispõe do equipamento (Figura 3.1), necessário para simulação de várias configurações de campos eletrostáticos.

Escolha algumas (o problema), descreva o caminho (procedimento) e encontre a solução experimental (resposta).

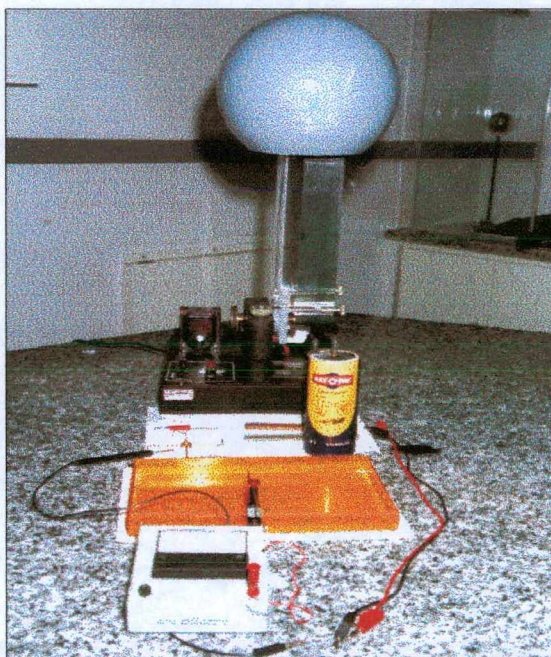


Figura 3.1: Dispositivo experimental para o estudo do campo elétrico

Palavras-chave: Campo Elétrico, superfície eqüipotencial, potencial elétrico.

3.8 Experiência Nº 02: Lei de Ohm (Modelo Construtivista)

3.8.1 Problematização

A qualidade de vida do ser humano é influenciada por componentes elétricos que podem ou não obedecer à Lei de Ohm. Cite dois desses componentes elétricos utilizados no dia-a-dia.

3.8.2 Fundamentos Teóricos

Para a realização das experiências e familiarização com o laboratório você precisa fazer medições de voltagem, intensidade de corrente e resistência elétrica, por exemplo.

Por esta razão, você utilizará instrumentos que permitem medir tais grandezas. Os aparelhos básicos são três:

- a) voltímetro - para medir voltagens;
- b) amperímetro - para medir correntes elétricas;
- c) ohmímetro - para medir resistências dos resistores.

A experiência a seguir envolve duas grandezas físicas de fundamental importância no estudo da eletricidade. Estas grandezas são a diferença de potencial, voltagem ou tensão e a corrente elétrica.

Quadro 3.1: Unidades e símbolos de grandezas físicas

Grandeza física	Unidade	Símbolo
Diferença de potencial	Volt	V
Corrente elétrica	Ampère	A

É observado que alguns condutores, quando submetidos a uma diferença de potencial (ddp), comportam-se de tal modo que o gráfico $V \times I$ é uma linha reta passando pela origem. Eles oferecem, portanto, uma dificuldade à passagem de carga elétrica que não depende da ddp aplicada. Isto significa que a resistência elétrica desse condutor é constante, não dependendo da ddp utilizada para sua verificação.

Considere uma ddp (V), aplicada entre os terminais de um resistor. Para cada ddp aplicada, medimos a corrente I e colocamos seu valor em um gráfico $V \times I$, como mostrado a seguir.

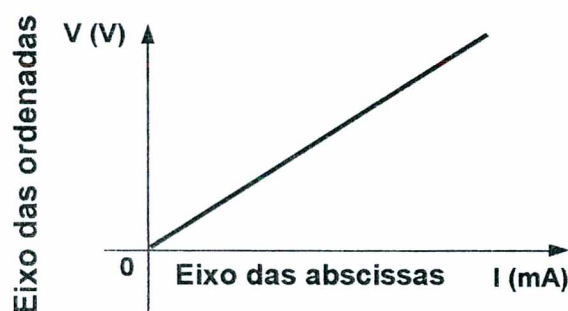


Figura 3.2: Gráfico da voltagem em função da corrente elétrica

A resistência elétrica de um resistor entre dois pontos, aos quais se aplica a ddp (V) e pelo qual circula uma corrente elétrica (I) é $R = V/I$.

Representa-se um resistor por um dos símbolos: \square ou zigzag .

Também é possível determinar a resistência elétrica, diretamente da inclinação do gráfico $V \times I$.

Isto é,

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta V}{\Delta I} = R$$

(numericamente)

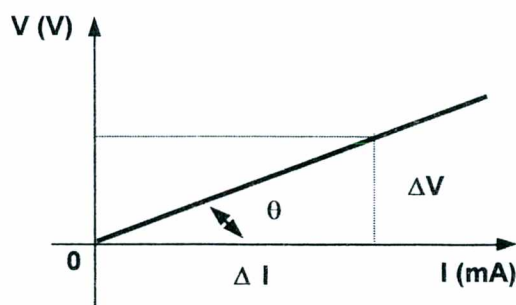


Figura 3.3: Gráfico (V x I)

3.8.3 Objetivos

- Identificar fenômenos eletromagnéticos básicos, conceitos, princípios, leis e questões investigadas na experiência.
- Descrever o procedimento utilizado.
- Apresentar relatório com respostas pesquisadas, discutindo a validade, contextualização e interdisciplinaridade dessas respostas.

3.8.4 Considerações de Natureza Prática

Você dispõe no laboratório do seguinte material: fonte de tensão, multímetro (voltímetro, amperímetro, ohmímetro), resistor, lâmpada e cabos de ligação.

Para se obter diferentes medidas de tensão (V) e corrente elétrica (I) no resistor R, monta-se um circuito com o material mostrado na Figura 3.4.

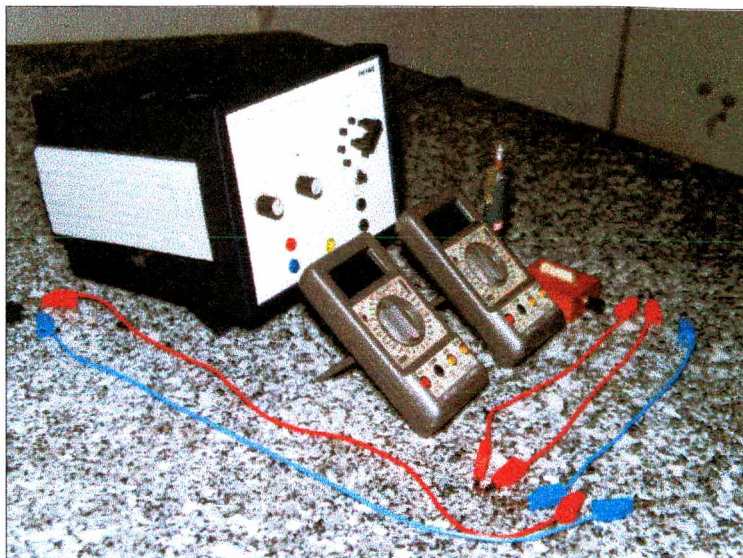


Figura 3.4: Fonte de tensão, resistor, lâmpada, amperímetro, voltímetro e cinco cabos de ligação.

Nesse circuito, varia-se a tensão da fonte aplicada ao resistor, a qual pode ser medida por meio do voltímetro. A cada tensão aplicada, mede-se ao mesmo tempo com o amperímetro, a intensidade da corrente. Observe que o amperímetro será inserido dentro do circuito. Em qualquer hipótese, para proteger o amperímetro, ligue-o sempre em série.

3.8.5 Conclusão e Recomendações

Você receberá os equipamentos necessários ao estudo de condutores lineares e não lineares. Deve então montar um circuito, fazer medidas, anotá-las em tabelas e colocá-las em gráfico de V em função de I .

A partir desses gráficos, um para o resistor e outro para a lâmpada, pode-se tirar conclusões sobre a linearidade ou não desses condutores.

Calcular a resistência do resistor e da lâmpada ajuda a interpretar o gráfico, confirmando qual dos dois condutores obedece à Lei de Ohm. Deste modo, um tipo de habilidade auxilia na construção de outra.

Concentre-se em observar e entender o que está fazendo, em saber qual o fenômeno e os conceitos básicos envolvidos, relacionando-os com o dia-a-dia.

Faça um relatório da experiência realizada, verifique se os objetivos estão coerentes com as conclusões, dê sugestões e apresente comentários.

Palavras-chave: Fonte de tensão, voltímetro, amperímetro, Lei de Ohm, condutor.

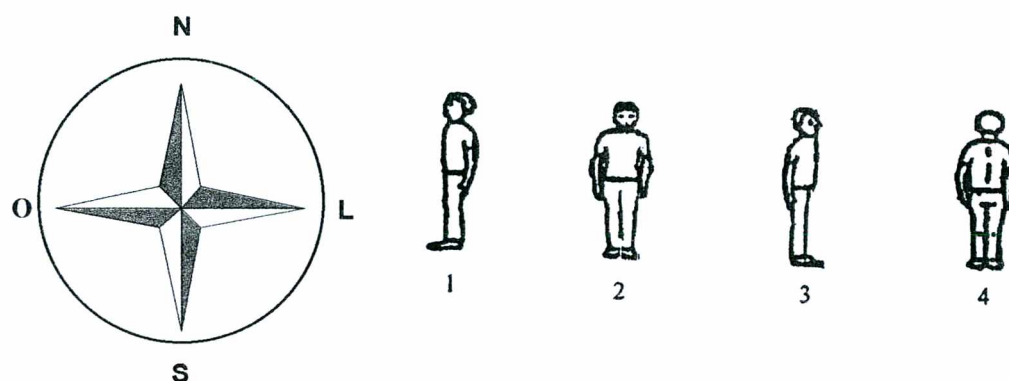
3.9. Experiência nº 3: Indução Eletromagnética (Modelo Construtivista)

3.9.1 Problematização

1. Para determinar os pontos cardeais, basta se posicionar de tal modo que o seu lado direito esteja voltado para o local onde o Sol nasce, isso é, para o Leste. Nestas condições, o seu lado esquerdo indicará o Oeste, e sua frente estará voltada para o Norte. Aponte o Leste do local onde você se encontra.
2. Para localizar-se no mundo utiliza-se direções diferentes chamadas pontos cardeais. Estas direções nunca mudam, são fixas. Os pontos cardeais primários são Norte, _____, Leste e _____.

3. Posição:

Figura 3.5: Posição em relação aos pontos cardeais primários



Fonte: Figura adaptada de Depresbiteris, Léa. Avaliação educacional em três atos. São Paulo: SENAC, 1998.

Mesmo sem se dar conta da existência do campo gravitacional, para que lado o menino deve girar o corpo, pretendendo ficar de frente para a direção indicada? Veja o quadro 3.2.

Quadro 3.2: Representação da posição, direção e ângulo

Posição	Direção	Lado e ângulo (em relação à posição inicial)
1	Norte	Direita, 90°
2	Leste	
3	Norte	
4	Leste	
2	Oeste	
4	Sul	
3	Oeste	
1	Sul	
3	Sul	
4	Leste	

4. Descreva o caminho abaixo mostrado na Figura 3.6.

- 1º - quadrados ao sul: um
 2º - quadrados ao oeste: quatro
 3º - _____ ao sul
 4º - quadrados ao _____
 5º - _____
 6º - _____
 7º - _____
 8º - _____
 9º - _____
 10º - _____

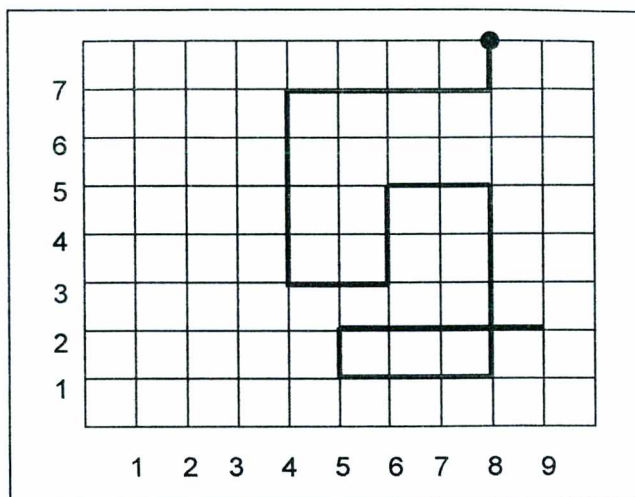


Figura 3.6: Representação da posição em relação aos pontos cardeais

5. Na concepção construtivista tem-se uma situação-problema mas não se conhece o caminho nem a solução. Nestas condições, desenhe e peça ao seu colega para reproduzir o caminho traçado por você na figura 3.7.

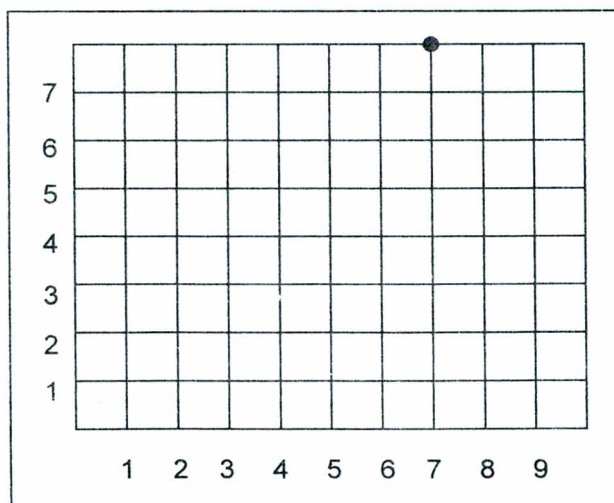


Figura 3.7: Grade para construção do caminho pessoal

6. Supondo que o Sol mostrado na figura 3.8 está nascendo, responda:

a) Dos pontos P_1 , P_2 , P_3 e P_4 , qual deles indica o sentido do oeste geográfico?

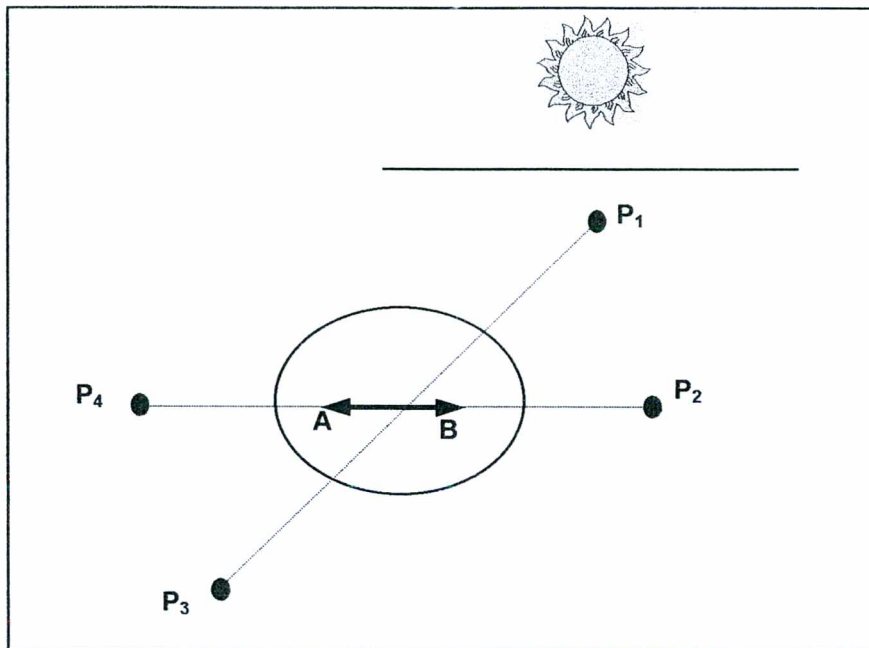


Figura 3.8: Visualização dos pontos cardeais primários

b) Os pontos A e B indicados na bússola indicam o pólo Norte e o pólo Sul da agulha magnética. Qual deles é o pólo sul geográfico?

3.9.2 Objetivos

- Identificar fenômenos eletromagnéticos básicos, conceitos, princípios, leis e questões investigadas no experimento.
- Descrever o procedimento utilizado.
- Apresentar relatório com respostas às questões pesquisadas, discutindo a validade, contextualização e interdisciplinaridade dessas respostas.

3.9.3 Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica do experimento a ser reconstruído está contida na Lei de Faraday (indução eletromagnética). O cientista inglês M. Faraday (1791 - 1867) verificou que ao aproximarmos o pólo de um ímã, de uma bobina que se encontra em repouso, observa-se o aparecimento de uma corrente elétrica nesta bobina (detectada por um galvanômetro). Interrompendo-se o movimento do ímã, a corrente desaparecerá e, afastando-se o ímã, a corrente tornará a aparecer, embora em sentido contrário ao anterior. O fato da aproximação ou afastamento do ímã em relação à bobina, faz gerar uma força eletromotriz induzida na bobina.

Analisando outras experiências semelhantes a esta que foi descrita, Faraday descobriu um fato novo, comum em todas as situações em que aparece uma força eletromotriz (f.e.m.) induzida. As suas observações resultaram em uma lei básica do eletromagnetismo, que será redescoberta na atividade experimental a seguir.

Esta lei, pode ser assim enunciada: *“A f.e.m. induzida em um circuito é igual ao negativo da taxa de variação com que o fluxo magnético através do circuito está mudando no tempo. Em termos matemáticos, a Lei de Faraday é $\varepsilon = - d \phi / d t$ ”.* (Resnick et al 1996, p. 176).

Experimentalmente existem várias maneiras de provocar uma variação do fluxo magnético.

Outro efeito que também pode ser testado consiste na colocação de um material magnético no interior da bobina induzida ou da indutora.

3.9.4 Material Necessário

A Figura 3.9 mostra um galvanômetro, ímãs, bobinas, núcleo de ferro e cabos para ligação.

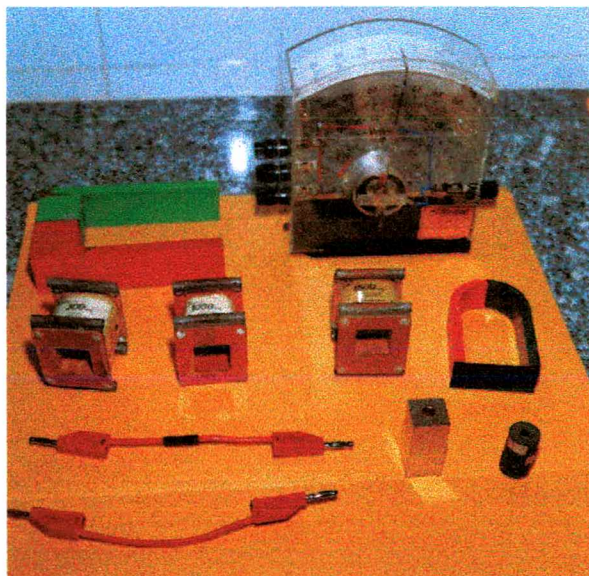


Figura 3.9: Material necessário ao estudo da Indução Eletromagnética

3.9.5 Sugestões Práticas

A montagem da Figura 3.9 permite a observação de fenômenos eletromagnéticos, quando aproxima-se ou afasta-se um ímã da bobina ligada ao galvanômetro.

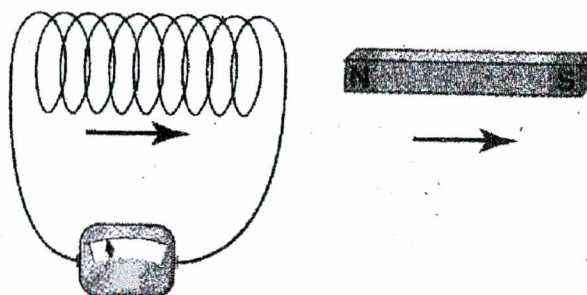


Figura 3.10: Corrente induzida em uma bobina, causada pelo afastamento do pólo norte de um ímã

Acrescentando-se outra bobina à montagem anterior, pode-se verificar a relação entre o campo magnético e a corrente induzida detectada pelo galvanômetro, conforme a Figura 3.11 mostrada a seguir.

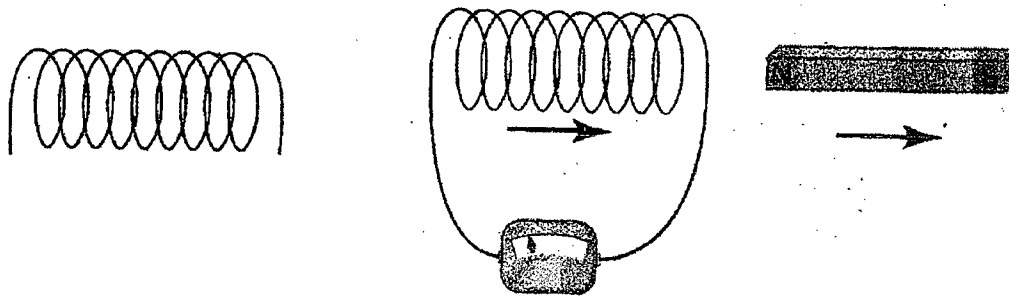


Figura 3.11: Ímã, galvanômetro e duas bobinas

A dependência entre o campo magnético devido ao ímã e a corrente induzida pode ser observada em função do número de espiras, da distância, da posição angular entre as bobinas e da variação na velocidade de aproximação ou afastamento do ímã. O núcleo de ferro no interior da bobina também modifica o campo magnético e a corrente induzida, indicada na escala de leitura do galvanômetro.

Esse arranjo experimental (ímã, bobina e galvanômetro) facilita o estudo da corrente induzida em função do movimento relativo entre ímã e bobina ou mesmo entre as bobinas com o ímã fixo. O desvio da agulha do galvanômetro só ocorre quando algo está variando, isto é, quando o ímã se move em relação à bobina (Resnick, 1994, p. 190). Portanto, a palavra-chave é movimento.

3.9.6 Procedimento Experimental Sugerido

A partir de agora, em todos os casos, você estará fazendo os eventos acontecerem. Para isso, você poderá reconstruir situações-problema visando estudá-las experimentalmente. Usando um ímã, um galvanômetro, dois cabos de ligação e bobinas (300, 600, 1000 e 1500 espiras), observe qualitativamente a indução eletromagnética.

- Movimente o ímã ou a bobina, mantendo em repouso relativo um deles.
- Acrescente o núcleo de ferro no interior da bobina e observe qualitativamente as várias possibilidades.
- Analise quantitativamente a corrente induzida em função do número de espiras de cada bobina.
- Repita as medidas indicadas na escala de leitura do galvanômetro introduzindo o núcleo de ferro em cada bobina.
- As suas conclusões estão coerentes com os objetivos propostos?
- A prática confirma a teoria?
- Identifique as questões básicas, os conceitos e os fenômenos observados.
- Descreva, passo a passo, o procedimento utilizado.
- Elabore um relatório da experiência que você reconstruiu, demonstrando o seu desempenho nos seguintes itens: conhecimento, compreensão, análise, síntese e conclusão.
- Apresente sugestões para melhoramento contínuo da experiência.

Palavras-chave: eletromagnetismo, corrente induzida, bobina, galvanômetro.

3.10 Elaboração de Relatórios

Um relatório de Física Experimental é um texto escrito para apresentar os resultados de um experimento. A sua elaboração exige planejamento que faz parte de um processo constituído de etapas a serem organizadas de modo detalhado da seguinte forma:

1. título;
2. objetivos;
3. material necessário;
4. fundamentação teórica;
5. procedimento experimental;
6. conclusão e análise dos resultados;
7. referências bibliográficas.

3.10.1 Etapas do Relatório

3.10.1.1 Escolha do Título

Nesta etapa da elaboração do relatório, o aluno deverá responder à pergunta: qual o tópico da Física abordado? O título deve formar um conjunto único.

Procure construir títulos com palavras curtas e interligadas. *“De preferência, com uma, duas, três ou quatro - incluindo artigos, conjunções e preposições”* (Manual de Estilo, 1990, p. 22).

Por exemplo: Física Construtivista, Circuito RL. É fundamental dizer logo do que se trata de uma maneira clara, breve e direta.

3.10.1.2 Os Objetivos

Representam a síntese do que se pretende alcançar, isto é, quais os resultados a serem alcançados. O enunciado de cada objetivo deve expressar uma ação começando com um verbo no infinitivo. Ex.: Definir, identificar, interpretar, analisar, organizar, avaliar.

3.10.1.3 Material Necessário

Apresenta uma listagem completa do material e equipamentos necessários à realização da experiência. É indispensável a descrição, quantidade e especificação do material.

3.10.1.4 Fundamentação Teórica

Uma das etapas mais importantes de um relatório de Física Experimental é a compreensão da teoria que dará suporte à parte prática. Neste sentido, deverá ser feito um resumo dos fundamentos teóricos que satisfaça as seguintes condições: concisão, precisão, clareza. Conforme Silva et al (2000, p. 65), os requisitos de um resumo são:

- Concisão. A redação é concisa quando as idéias são bem expressas com um mínimo de palavras;
- Precisão. Resultado das seleções das palavras adequadas para expressão de cada conceito;

- Clareza. Característica relacionada à compreensão. Significa um estilo fácil e transparente;

3.10.1.5 Procedimento Experimental

O procedimento experimental deve apresentar o problema, mostrar o caminho a ser seguido e a solução alcançada, isto é, indicar detalhadamente os passos seguidos. Deste modo, caso o leitor queira reconstruir a experiência ele terá como repetir o roteiro fornecido.

3.10.1.6 Conclusão

A conclusão é uma retomada à introdução teórica, explicando de forma breve se os objetivos foram alcançados. Uma síntese do procedimento experimental desenvolvido deverá ser feita, tendo como sistema de referência a fundamentação teórica apresentada. Andrade (1995) ressalta que a conclusão deve ser *“breve, exata e conveniente”*.

3.9.1.7 Fontes Bibliográficas

A listagem de referências bibliográficas, possibilita a identificação e localização de documentos. Para que isto ocorra deve apresentar os seguintes elementos:

1. autor; (Quem?)
2. título; (O quê?)
3. edição;

4. local de publicação; (Onde?)
5. editora;
6. data de publicação (livro, revista, jornal). (Quando?)

Os itens apresentados seqüencialmente estão de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme NBR 6023 (NB66). Veja um modelo de referência bibliográfica:

NUNES, Luiz Antônio Rizzato. **Manual de Monografia**. 2ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2000.

CAPÍTULO 4

MODELO TRADICIONAL

4.1 Considerações Iniciais

De acordo com a proposta desta pesquisa, também foram elaboradas as três experiências que compõem o capítulo anterior (Capítulo 3), tendo como quadro de referência o modelo tradicional, de domínio comum, que apresenta a seguinte estrutura: objetivos; fundamentação teórica; material necessário; procedimento experimental e conclusão. Esta abordagem tradicional lança mão de roteiros de laboratório baseados nos princípios da instrução programada, ou seja: resposta ativa, pequenos passos, verificação imediata, ritmo individual e testagem imediata. Essa metodologia, com pequenas alterações, é adotada por autores, tais como: Gargione, 1984, p. 20; Fernandes, J. 1985, p. 12; Neto et al, 1977, p. 10; Ramos, 1984, 1995; Capuano, 1998, p. 15; Carvalho Cassiano et al, 1998, p. 10; Cruz, 2000, p. 15; Lott, 1981, p. 20 e Albuquerque, 1980, p. 16.

Deste modo, o aluno é guiado passo a passo ao longo do desenvolvimento experimental. Obviamente, essa abordagem resulta em um laboratório altamente estruturado.

4.2 Modelo Tradicional com Laboratório Altamente Estruturado

A palavra estrutura refere-se às partes de um todo, suas funções e relações entre cada uma das partes. Quando se fala em estrutura tática de um

time de futebol, por exemplo, identifica-se as características de cada atleta e sua respectiva posição, descreve-se suas funções na equipe e mostra-se por meio de treinamentos táticos como os jogadores devem se posicionar, relacionar e interagir.

Outros exemplos seriam: a estrutura de uma sociedade (na Sociologia), a estrutura de uma universidade, a estrutura de um equipamento (na engenharia), a estrutura do corpo humano (na Biologia), a estrutura de uma dissertação.

Portanto, estrutura de uma experiência de laboratório significa a identificação das diversas partes da experiência (objetivos, fundamentação teórica, material necessário, procedimento experimental e conclusão). Nas experiências seguintes que caracterizam o Modelo Tradicional, cada parte foi subdividida em pequenas etapas ou passos relativamente pequenos. Dessa forma, essa abordagem tradicional ao ensino da Física resulta em um laboratório altamente estruturado. Esse tipo de abordagem parece adequado quando se destina a ilustrar e facilitar a apreensão de conteúdos prontos, acabados, com conceitos estáticos, rígidos, se configurando em verdadeiros dogmas. Também parece indicado para resolver problemas administrativos tais como: turmas grandes (mais de 30 alunos), insuficiência de equipamentos e ausência de monitores para auxiliar o professor. Todavia, não parece recomendável para o processo de ensino e aprendizagem voltado para a descoberta, reconstrução e construção do conhecimento visando alcançar determinados objetivos que impliquem em liberdade para o aluno escolher

livremente o procedimento experimental, conforme propõe a abordagem construtivista já apresentada. Visando a comparação das duas abordagens apresenta-se a seguir as experiências do Modelo Tradicional.

4.3 1ª Experiência - Campo Elétrico (Modelo Tradicional)

4.3.1 Objetivos

1. Traçar linhas de força de um campo elétrico;
2. Analisar as linhas de força devido a cargas pontuais ou puntiformes;
3. Identificar campo elétrico uniforme;
4. Localizar pontos de mesmo potencial;
5. Traçar linhas eqüipotenciais;
6. Determinar a direção e o sentido de um campo a partir das linhas eqüipotenciais;
7. Distinguir entre linhas de forças e linhas eqüipotenciais;
8. Descrever um procedimento experimental que permita o estudo do campo elétrico devido a um condutor eletrizado.

4.3.2 Introdução

O papel da ciência e tecnologia no desenvolvimento global facilitou a comunicação rápida entre usuários de computadores nas diversas partes do mundo por intermédio da Internet.

O que isso tem a ver com cargas elétricas e campo elétrico? Bastante, como será visto adiante. As experiências de eletricidade e magnetismo

estabeleceram as bases teóricas do eletromagnetismo. Como consequência, houve a invenção e o desenvolvimento de componentes eletroeletrônicos e equipamentos, tais como a válvula, diodo, transistor, pastilha de silício – *silicon chip*, circuito integrado (CI), rádio (1895), televisão (1934), radar (1935), satélite de comunicação (1962), telefonia celular (1986) e supercomputadores (1993). Esta evolução tecnológica está relacionada com cargas e campo elétrico.

Pela Lei de Coulomb, sabe-se que uma carga elétrica só responde à presença de outra carga depois de um tempo d/c , em que d é a distância entre as cargas e c é a velocidade da luz.

Estas considerações levam a imaginar um universo em constante intercomunicação. As cargas elétricas comunicam-se a qualquer distância que estejam uma da outra, numa espécie de telepatia quântica. Neste sentido, pode-se extrapolar que, desde o “Big Bang”, cargas elétricas continuam em comunicação, uma interagindo com a outra, mesmo sem nenhum contato físico, por intermédio dos campos elétrico e magnético.

As equações que unificam os campos elétrico e magnético foram apresentadas em 1864 pelo físico escocês James Clerk Maxwell ao publicar um trabalho intitulado “Dynamical Theory of the Electromagnetic Field” (Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético), que sintetizavam os conhecimentos sobre o eletromagnetismo adquiridos até aquela época.

4.3.2.1 Resumo Teórico

Ao soltarmos um objeto de massa m , próximo da superfície da Terra, este cai sobre a mesma com uma aceleração constante, g .

Este fenômeno se deve à força gravitacional da Terra (Figura 4.1).

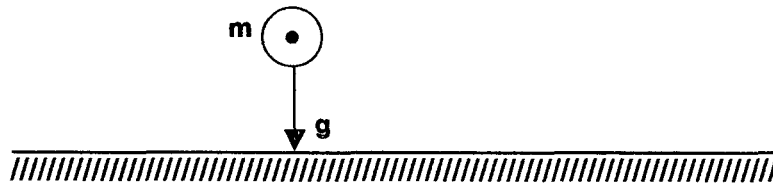


Figura 4.1: ($g = 9,8\text{m/s}^2$, próximo à superfície da Terra)

Diz-se, então, que existe uma força gravitacional sobre o objeto, nessa região do espaço, porque um campo gravitacional existe na região em que ele se encontra.

Um objeto de massa m , na posição A, sofre uma atração na direção do centro da Terra; um objeto na posição B, sofre uma atração na direção do centro da Terra, mas com menor intensidade pelo fato de se encontrar mais distante do centro da Terra, conforme mostra a Figura 4.2.

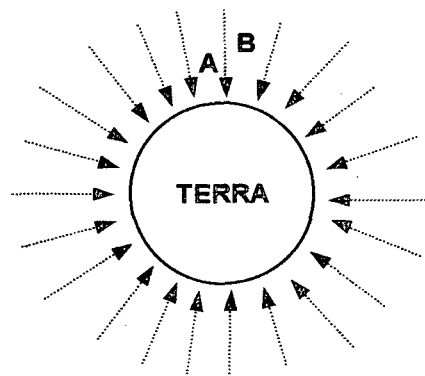


Figura 4.2: Objetos A e B próximos à superfície da Terra

As setas representam linhas de força e mostram a direção e o sentido do campo gravitacional da Terra, isto é, a direção e o sentido da força gravitacional sobre a partícula. As idéias contidas e comentadas nos parágrafos anteriores são verdadeiras, não só para o campo gravitacional, como também para o campo elétrico.

4.3.2.2 Conceito de Campo Elétrico

Uma carga puntiforme Q , ou uma distribuição de cargas, modifica, de alguma forma, a região que a envolve, de modo que, ao se colocar uma carga de prova puntiforme q_0 num ponto P desta região, será constatada a existência de uma força F , de origem elétrica, agindo sobre q_0 . Neste caso, dizemos que a carga elétrica Q ou a distribuição de cargas origina, ao seu redor, um campo elétrico, o qual age sobre q_0 .

4.3.2.3 Linhas de Força

As noções de linha de força, introduzidas pela primeira vez por Michael Faraday (1791-1867), constituem-se num procedimento adequado para visualização e análise dos campos elétricos.

4.3.2.4 Definição

Uma dada linha (imaginária) é tomada como uma linha de força quando a tangente a ela, em qualquer ponto, indicar a direção do vetor campo elétrico, E , naquele ponto.

4.3.2.5 Propriedades

As propriedades das linhas de força do campo elétrico são as seguintes:

1. O sentido da linha de força é, em todos os pontos, o mesmo do campo elétrico;
2. Nas regiões onde as linhas de força estão mais próximas, uma das outras, o campo elétrico é mais intenso e nas regiões onde elas estão mais afastadas, o campo elétrico é menos intenso;
3. O número de linhas de força por unidade de área é proporcional ao valor absoluto das cargas;
4. As linhas de força originam-se nas cargas positivas e terminam nas cargas negativas.

4.3.2.6 Potencial Elétrico ou Voltagem em um Campo Uniforme

A voltagem entre os pontos A e B, na Figura 4.3, é igual ao trabalho T_{AB} , por unidade de carga, para deslocar a carga de prova q_0 entre as placas condutoras separadas por uma distância d . Isto é:

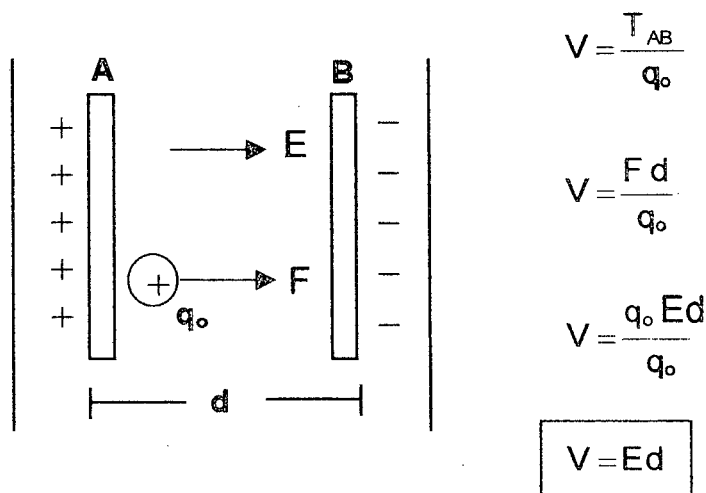


Figura 4.3: Campo elétrico uniforme

Utilizando-se a equação $V = Ed$, é possível calcular o campo elétrico, E , por meio de medidas diretas, com aparelhos adequados (multímetros). Então:
 $E = V/d$.

4.3.2.7 Superfície Eqüipotencial

Chama-se superfície eqüipotencial o lugar geométrico dos pontos que têm o mesmo potencial elétrico.

4.3.2.8 Propriedades

São as seguintes as propriedades das superfícies eqüipotenciais:—

1. A cada valor da constante k corresponde uma superfície eqüipotencial;
2. A cada campo elétrico está associada uma família de superfícies eqüipotenciais;
3. O campo elétrico é, em cada ponto, perpendicular à superfície eqüipotencial.

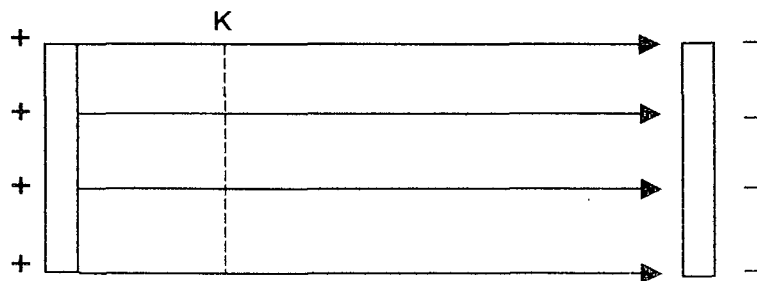


Figura 4.4: Campo elétrico entre duas placas condutoras

Veja na Figura 4.4, a superfície eqüipotencial K, normal às linhas de força do campo elétrico uniforme, E, entre duas placas carregadas com cargas de sinais opostos.

Palavras-chave: campo elétrico, superfície eqüipotencial, potencial elétrico.

4.3.3 Material Necessário

Quadro 4.1: Descrição, quantidade e especificação do material

Descrição	Quantidade	Especificação
Solução de sulfato de cobre a 5%	300mℓ	5%
Cuba para solução eletrolítica	01	Retangular
Barras metálicas (eletrodos)	02	100mm x 20mm x 5mm
Anéis metálicos	02	20mm
Pilha de 1,5 volts	01	1,5V (grande)
Fios de ligação	03	300mm
Voltímetro	01	Analógico
Ponta de prova móvel	01	≅ 400mm
Papel milimetrado	02	ofício

4.3.4 Procedimento Experimental

1. Monte o dispositivo experimental, representado a seguir:

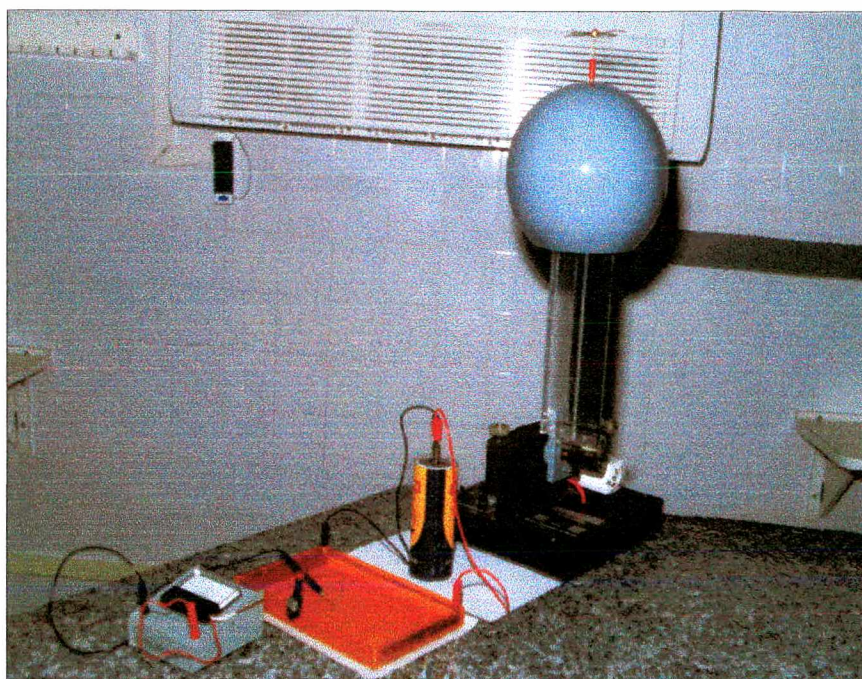


Figura 4.5: Dispositivo experimental para estudo do campo elétrico

2. Introduza a solução de sulfato de cobre na cuba até no máximo, um centímetro de altura;
3. Coloque uma folha de papel milimetrado embaixo da cuba de plástico;
4. Movimente a ponta de prova móvel no interior da cuba, até que o galvanômetro indique zero na escala de leitura;
5. Utilizando outra folha de papel milimetrado, marque cinco pontos de potencial zero (superfície eqüipotencial);
6. Varie a posição da ponta de prova móvel no interior da cuba, de modo que o medidor indique cinco pontos de potencial igual a 5mV;
7. Repita o procedimento anterior para os potenciais -5mV , -15mV e 15mV ;
8. Ligue os pontos de mesmo potencial, obtendo assim as linhas eqüipotenciais;

9. Trace as linhas de força do campo elétrico;
10. Com relação às linhas equipotenciais e às linhas de forças, qual a sua conclusão?
11. Substitua, sob a orientação do professor, os eletrodos planos (barras metálicas) por condutores com formato circular e repita os procedimentos indicados a partir do item 4.

4.3.5 Questões Conceituais

Ao responder as questões seguintes, consulte os resultados obtidos na experiência sempre que julgar necessário. Cada questão apresenta uma seqüência gradativa, do simples para o complexo, na seguinte ordem: descrição, expansão, explanação e avaliação.

1ª Questão

- a) Em que região, entre duas placas paralelas, o campo elétrico é uniforme?
- b) Qual a condição para traçar as linhas de força entre duas placas paralelas?
- c) Por que as linhas de força são perpendiculares à superfície equipotencial?
- d) Com o equipamento utilizado no estudo do campo elétrico, nessa experiência, é possível comprovar a existência de cargas elétricas em um gerador eletrostático (Van de Graaf)? Como?

2ª Questão

- a) O que você entende por campo elétrico?
- b) Qual a diferença fundamental entre o campo elétrico e o campo gravitacional?

- c) Conhecido E em um ponto, é possível determinar V neste ponto?
- d) Quando $E = 0$, V também será sempre zero? Explique utilizando argumentos físicos.

3ª Questão

- a) O que você observa no voltímetro quando movimenta a ponta móvel no interior da cuba contendo uma solução condutora de eletricidade?
- b) Colocando a ponta móvel em uma mesma linha entre as duas placas metálicas, o que você observa?
- c) Existe simetria entre as placas? Por quê?
- d) Descreva o procedimento para se obter uma superfície eqüipotencial.







4.4 2ª Experiência: Lei de Ohm (Modelo Tradicional)

4.4.1 Objetivos

1. Montar circuitos simples;
 2. Determinar, indiretamente, o valor de um resistor, utilizando um voltímetro e um amperímetro;
 3. Construir gráficos;
 4. Distinguir entre resistores lineares e não lineares;
 5. Identificar os fatores que podem alterar a resistência de um condutor;
 6. Elaborar relatório com objetivos, procedimento experimental e conclusão.
-

4.4.2 Material Necessário

Quadro 4.2: Descrição, símbolo e quantidade de material

Descrição	Símbolo	Quantidade
Fonte de tensão CA		(01)
Voltímetro		(01)
Amperímetro		(01)
Lâmpada		(01)
Resistor fixo		(01)
Fio condutor		(05)

4.4.3 Introdução Teórica

O circuito simples que permite o uso do voltímetro e do amperímetro, para o estudo de condutores ôhmicos (lineares) ou não lineares, é apresentado a seguir.

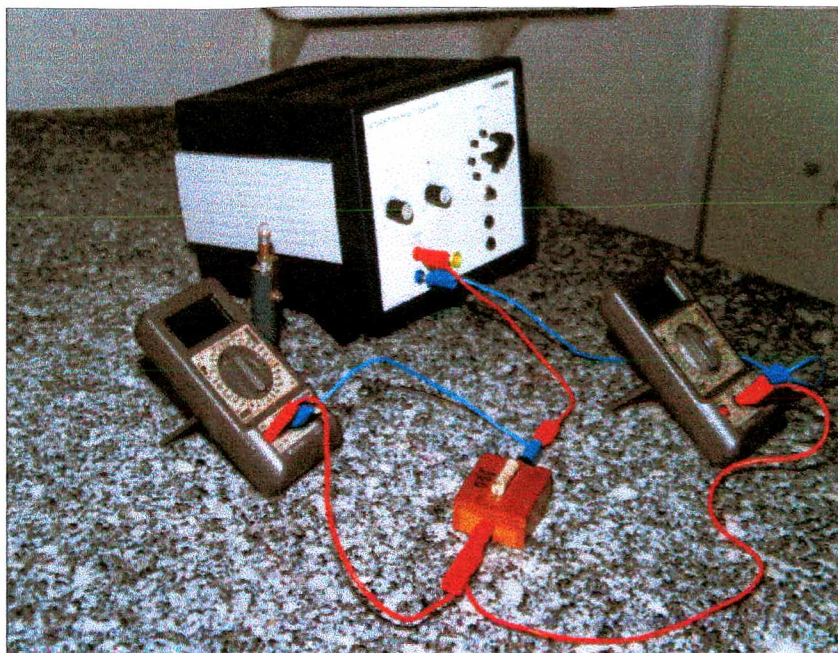


Figura 4.6: Montagem do circuito com fonte de tensão, amperímetro, fios, resistor e voltímetro.

4.4.4 Procedimento Experimental

1. Monte o circuito anterior;
2. Ligue a fonte e variando o potenciômetro meça a voltagem e a respectiva corrente através da lâmpada para voltagens de 0 a 6 volts, completando a Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Onde R é a resistência da lâmpada

Voltagem (em volts)	Corrente (em mA)	Resistência (em ohms) $R = \frac{V}{I} (\Omega)$
0	0	

3. Substitua a lâmpada pelo resistor fixo e repita o procedimento anterior:

Tabela 4.2: Para a resistência do resistor fixo

V (Volts)	I (mA)	$R = \frac{V}{I} (\Omega)$
0	0	

4.4.5 Análise dos Resultados

a) Construa o gráfico da voltagem x corrente* para a lâmpada (Tabela 4.1).

- Lançar a corrente no eixo horizontal (abscissas).

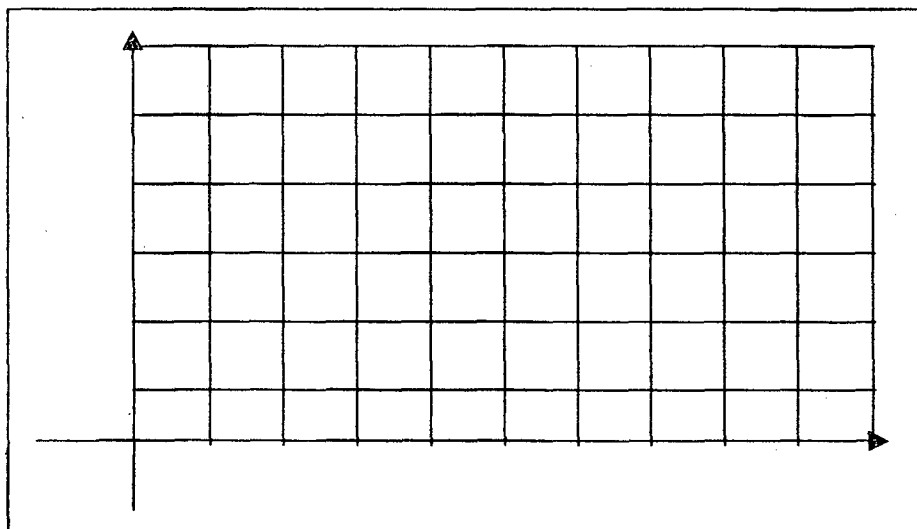


Figura 4.7: (Voltagem versus corrente)

b) Construa o gráfico (V versus I) com dados da Tabela 4.2.

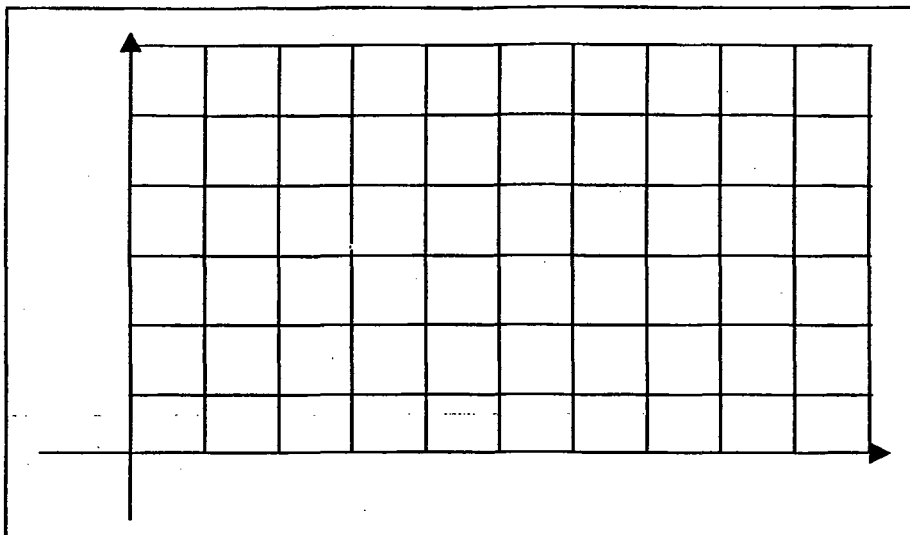


Figura 4.8: Gráfico (V versus I)

c) Calcule o coeficiente angular (ou inclinação) do gráfico acima, isto é: $\Delta V/\Delta I$.

Neste caso, qual o significado físico da inclinação do gráfico?

d) Na análise dos gráficos há dois casos:

- I. A dependência entre a voltagem e a corrente não é uma reta;
- II. A relação entre a voltagem e a corrente é uma reta. Neste caso, o dispositivo é chamado ôhmico ou linear e obedece à Lei de Ohm.

Pelos gráficos obtidos, qual dos condutores (resistor fixo ou lâmpada) obedece à Lei de Ohm?

e) Como você classifica (ôhmico, não ôhmico) o condutor utilizado na Tabela 4.1?

f) O cientista Georg Simon Ohm (1787-1854) observou que em um dispositivo linear, quando a voltagem duplica, a corrente através dele também duplica,

isto é, o dispositivo obedece à Lei de Ohm. Neste caso, o resistor (Tabela 4.2) é diretamente proporcional à voltagem aplicada a ele?

- g) Um estudante de Física Elementar, afirmou que a Lei de Ohm é expressa sempre, sem nenhuma exceção conhecida, pela relação $R = V/I$. Essa afirmação é correta? Por que? (Consulte os resultados da tabela 4.1)

4.4.6 Questões Conceituais

Ao responder as questões seguintes, consulte os resultados obtidos na experiência sempre que julgar necessário. Cada questão apresenta uma seqüência gradativa, do simples para o complexo, na seguinte ordem: descrição, expansão, explanação e avaliação.

1ª Questão

- a) Enuncie a Lei de Ohm.
- b) A Lei de Ohm é válida para qualquer condutor?
- c) Um estudante de Física Básica afirmou que a Lei de Ohm não é expressa pela relação $R = V/I$. Por que essa afirmação não é correta?
- d) Você dispõe do seguinte material: fonte de tensão, potenciômetro, amperímetro, voltímetro, fios e vários resistores. Com esse material é possível determinar se os resistores obedecem ou não à Lei de Ohm? Se a sua resposta for sim, faça um esquema do circuito experimental utilizando o material relacionado acima. Se a sua resposta for negativa, justifique-a.

2ª Questão

- a) Resistor é o mesmo que resistência? Explique.

- b) A resistência elétrica de um condutor está relacionada à dependência de que fatores?
- c) Em uma lâmpada incandescente comum o filamento de tungstênio pode atingir a temperatura de 2500°C . Nessas condições, a sua resistência aumenta ou permanece constante?
- d) A temperatura é o único fator determinante da resistência de um condutor?

3ª Questão

- a) Descreva o que você observa na escala de leitura do amperímetro quando varia a posição do cursor do potenciômetro, em um circuito experimental utilizado para estudar a Lei de Ohm.
- b) Existe uma proporcionalidade entre a corrente e a diferença de potencial aplicada em um resistor ôhmico (ou resistor linear)?
- c) A relação entre a corrente e a diferença de potencial aplicada a uma lâmpada é constante?
- d) Fazendo o gráfico correspondente a várias medidas de V versus I , seria possível descobrir se a relação entre as grandezas é constante?

Baseado nas suas observações experimentais e nos resultados obtidos, faça um relatório desta experiência. No relatório, conciso e objetivo, você deve incluir:

1. Título;
2. Objetivos;
3. Resumo da fundamentação teórica;
4. Material utilizado;

5. Procedimento experimental;
6. Conclusões e comentários;
7. Bibliografia e referências bibliográficas.

Palavras-chave: Lei de Ohm, fonte de tensão, voltímetro, amperímetro, condutor.

4.5 3ª Experiência: Indução Eletromagnética - 1831 - (Modelo Tradicional)

4.5.1 Objetivos

1. Verificar a corrente induzida em uma bobina devido ao movimento relativo de um ímã;
2. Observar a dependência da corrente induzida e do campo magnético;
3. Observar a relação entre a corrente induzida e o número de espiras e de bobinas;
4. Verificar a influência do núcleo de ferro na intensidade da corrente induzida;
5. Observar a corrente induzida por uma bobina, devido ao campo magnético de outra bobina.

4.5.2 Introdução Teórica

A Eletricidade e o Magnetismo constituíam dois ramos da Física para os quais não se conhecia nenhuma dependência. Para Coulomb (1736-1806), os fenômenos elétricos e magnéticos eram considerados independentes e distintos um do outro.

Em 1820, o cientista dinamarquês Oersted (1777-1851) verificou que uma corrente elétrica através de um fio condutor desviava a agulha magnética de uma bússola. Esta experiência mostrava, pela primeira vez, a relação entre a eletricidade e o magnetismo: uma corrente elétrica pode gerar efeitos magnéticos. A experiência de Oersted sugeriu a possibilidade de inverter o processo. Em 1831, os físicos Michel Faraday (1791-1865) e Joseph Henry (1797-1878), independentemente um do outro, descobriram que a corrente elétrica poderia ser gerada magneticamente. Conseguia-se, desta forma, a unificação da eletricidade e do magnetismo, resultando o ramo da Física denominado Eletromagnetismo. Esta descoberta provou ser possível converter trabalho mecânico em energia elétrica, fazendo-se movimentar uma bobina em um campo magnético. Deste modo, faz-se funcionar uma grande variedade de motores e aparelhos elétricos de medidas como por exemplo, o galvanômetro.

Neste experimento você poderá desenvolver habilidades e competências básicas usando um galvanômetro que é um amperímetro de grande sensibilidade, utilizado para detectar correntes elétricas muito pequenas. Um ponteiro central pode oscilar para a direita ou para a esquerda.

Esse fato, diferencia o galvanômetro do amperímetro comum. Quando a corrente elétrica desloca-se em um sentido, o ponteiro vai para o lado A. Se a corrente desloca-se no sentido contrário, o ponteiro vai para o outro lado B.


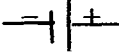


Caso não passe corrente pelo galvanômetro o ponteiro permanece no centro da escala, isso é, no zero central. Às vezes, não há interesse em saber o valor da intensidade da corrente, mas apenas a verificação de que ela esteja

circulando em determinado ramo do circuito elétrico. Neste caso, o galvanômetro é indicado para detectar a corrente elétrica.

Palavras-chave: Eletromagnetismo, corrente induzida, bobina, galvanômetro.

4.5.3 Material Necessário

Quadro 4.3: Descrição, Quantidade do Material e Símbolo

Descrição	Quantidade	Símbolo
Galvanômetro	(01)	ⓐ
Ímã redondo	(03)	
Bobina (300, 600, 1000, 1500 espiras)	(04)	
Fonte de tensão CC	(01)	
Ímã de bloco	(01)	
Fios	(04)	
Núcleo de ferro	(02)	512

4.5.4 Procedimento Experimental

1. Verificar a corrente induzida em uma bobina devido ao movimento relativo.

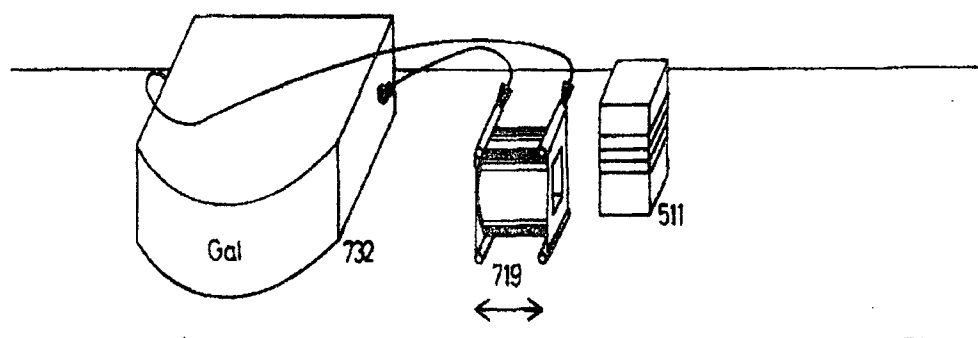


Figura 4.9: Montagem do experimento com galvanômetro ligado à bobina e material necessário (ímãs, núcleo de ferro e bobinas ou indutores)

4.5.4.1 Realização do Experimento:

a) Qual o sentido de deslocamento da agulha do galvanômetro quando você aproxima do orifício da bobina o mesmo pólo do ímã?

b) Repita o item anterior, afastando do orifício da bobina o outro pólo do ímã.
Qual o sentido de deslocamento da agulha do galvanômetro?

c) Neste caso, mantenha o ímã fixo. Haverá alguma modificação nos resultados anteriores, se você aproximar ou afastar a bobina do ímã em repouso?

2. Observar a relação entre a força eletromotriz induzida e a intensidade do campo magnético.

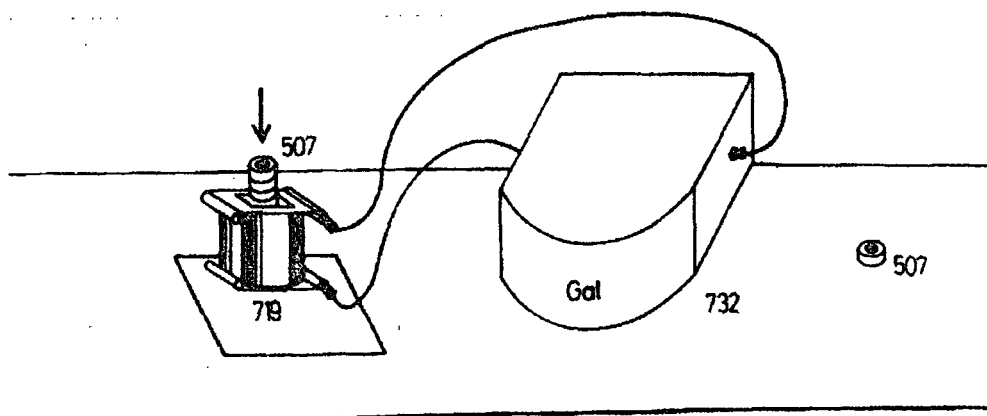


Figura 4.10: Montagem do experimento com ímãs, indutor e galvanômetro

4.5.4.2 Realização do Experimento:

a) Deixe cair 01 ímã redondo, no orifício da bobina de 1500 espiras. A seguir, deixe cair 03 ímãs nas mesmas condições (Figura 4.10).

4.5.4.3 Análise:

Comparando a deflexão (ângulo de desvio do ponteiro) nos dois casos, qual a sua conclusão?

a) Explique o fenômeno da deflexão da agulha do galvanômetro.

3. Observar a relação entre a força eletromotriz (f.e.m.) induzida e o número de espiras da bobina.

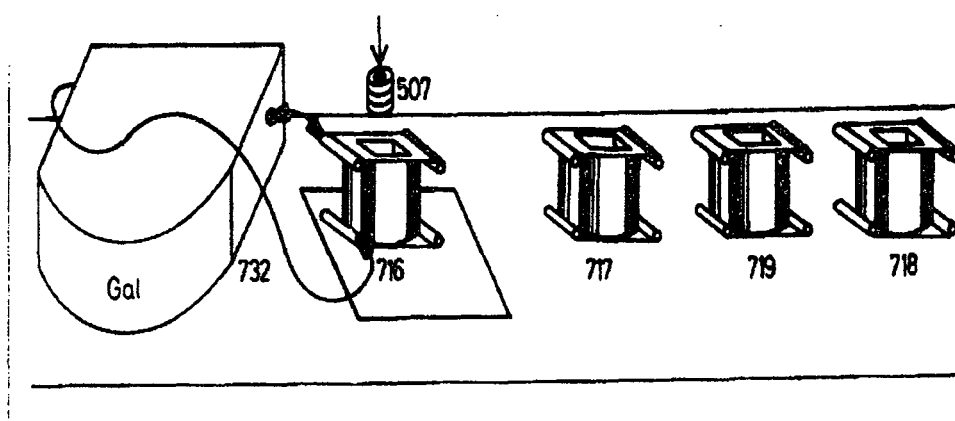


Figura 4.11: Montagem com galvanômetro, bobina e ímãs redondos

Durante uma experiência deixa-se cair três ímãs redondos no orifício de uma bobina de 1500 espiras, anotando-se o número de “marcas de escala” correspondentes ao ângulo de deflexão do ponteiro do galvanômetro, a partir do centro da escala. Em seguida, repete-se o mesmo procedimento utilizando uma bobina de 300 espiras.

Reconstrua os passos indicados acima e responda:

a) Qual o “número de marcas” de escala indicado pelo galvanômetro em cada procedimento?

b) Explique o fenômeno físico observado no galvanômetro, em função do número de espiras de cada bobina.

4. Verificar a influência do núcleo de ferro na intensidade de corrente induzida.

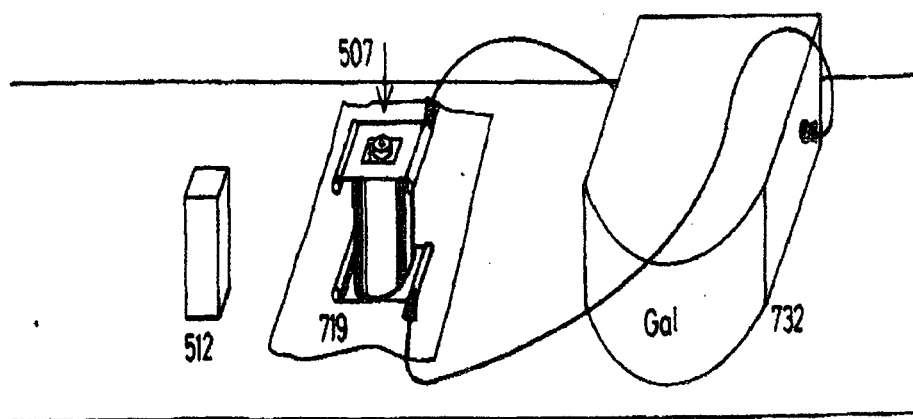


Figura 4.12: Montagem do experimento utilizando núcleo de ferro, ímãs redondos, bobina e galvanômetro

Um estudante deixou cair de uma altura igual a 1cm, um ímã em forma de bloco sobre o orifício de uma bobina de 1500 espiras e observou um desvio no ponteiro central do galvanômetro. A seguir, introduziu um bloco de ferro maciço (512) no núcleo da mesma bobina e repetiu o procedimento anterior.

Nestas condições, reproduza os passos seguidos pelo estudante e responda:

Os resultados obtidos foram os mesmos?

Justifique sua resposta fazendo referência ao bloco maciço de ferro.

5. Observe a corrente induzida por uma bobina, devido ao campo magnético de outra bobina.

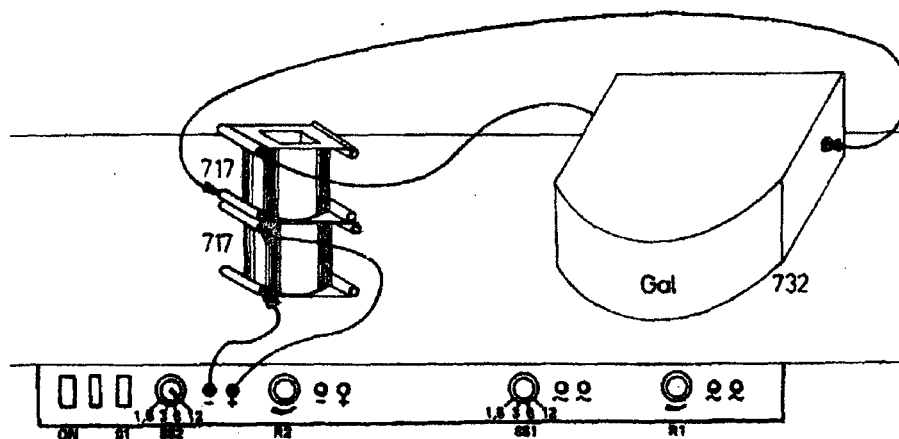


Figura 4.13: Montagem do experimento com fonte de tensão (CC), bobinas, núcleo de ferro e galvanômetro

4.5.4.4 Realização:

- Introduza um núcleo de ferro (512) nas bobinas escolhidas por você.
- Ao ligar a fonte o sentido do desvio do “ponteiro” do galvanômetro foi para a direita?
- Repita o item anterior, invertendo a polaridade da fonte. Nestas condições, o sentido do desvio do “ponteiro” do galvanômetro foi para a direita?
- Agora, inverta a posição de uma das bobinas. Ao ligar a fonte o sentido do desvio do “ponteiro” do galvanômetro foi para a direita?
- Dobre o valor da fonte de tensão e repita os procedimentos anteriores.

4.5.4.5 Análise:

- e) Comparando os itens c e d, qual a sua conclusão?
- f) Comente, de modo claro, sucinto e objetivo, os resultados das suas observações.

4.5.5 Questões Conceituais

As questões seguintes foram elaboradas, obedecendo a uma seqüência gradativa de dificuldade na seguinte ordem: descrição, expansão, explanação e avaliação. Ao respondê-las, consulte os resultados obtidos experimentalmente, sempre que julgar necessário.

1ª Questão

- a) Enuncie a Lei de Faraday.
- b) Como é possível aumentar a intensidade da corrente elétrica induzida em uma bobina?
- c) A introdução do núcleo de ferro no interior da bobina aumenta ou diminui a deflexão do ponteiro do galvanômetro? Por que?
- d) Existe alguma relação entre a distância do ímã e da bobina e a deflexão observada no galvanômetro?

2ª Questão

- a) O que você entende por indução eletromagnética?
- b) O que é necessário para que ocorra a indução eletromagnética?
- c) Existe uma posição angular entre duas bobinas onde praticamente não há deflexão do galvanômetro? Explique.

- d) A corrente induzida em uma bobina pode gerar um campo magnético que induzirá uma corrente na outra bobina colocada nas suas proximidades? Justifique sua resposta.

3ª Questão

- a) Descreva o que acontece quando: 1. aproxima-se o ímã da bobina;
2. afasta-se a bobina do ímã.
- b) Qual a relação entre o número de espiras da bobina e o fluxo magnético?
- c) Por que a deflexão do galvanômetro pode mudar de sentido?
- d) Qual a relação entre a fonte de tensão, o campo magnético e a corrente induzida em uma bobina ligada à fonte?

4.6 Modelo Tradicional Versus Construtivista

Os dois modelos, um com abordagem tradicional e outro tendo como referencial teórico o construtivismo, foram elaborados e simultaneamente aplicados em cinco turmas nas seguintes disciplinas:

- Circuitos Elétricos e Eletrônicos (Curso de Informática)
- Física Experimental III (Cursos de Engenharia)

Para isso, selecionou-se uma população de 55 alunos, subdivididos em duas amostras:

- Amostra A: 32 alunos (Modelo Tradicional)
- Amostra B: 23 alunos (Modelo Construtivista)

Como instrumento de pesquisa utilizou-se três experiências, selecionadas entre os 40 grandes experimentos fundadores da ciência, conforme Rival (2000, p.15).

Uma semana após a aplicação de cada experiência o processo é avaliado por meio de um questionário (prova), visando detectar o desempenho individual de cada aluno das cinco turmas pesquisadas.

Os resultados são estudados por intermédio de quadros, tabelas e gráficos. Utiliza-se os conhecimentos da estatística focalizando-se a média, o desvio padrão e a variabilidade ou coeficiente de variação.

Os resultados e análises são apresentados no próximo capítulo.

CAPÍTULO 5

MODELO TRADICIONAL VERSUS MODELO CONSTRUTIVISTA

5.1 Introdução

A ciência se origina da necessidade do ser humano de relacionar-se com o mundo. Desse modo, a dúvida fundamenta a ciência em todos os seus aspectos.

A pesquisa parte de conjecturas bem como de verificações e o conhecimento é relativo, dinâmico, corrigindo-se a si mesmo.

Às vezes a natureza nega-se a justificar os modelos clássicos. Como ocorreu nas primeiras três décadas do século XX, transformando nossa visão de mundo. Neste caso, a Ciência, e a Física em particular, procura novos caminhos. Isto aconteceu, por exemplo, com a Relatividade Restrita (1905), depois com a Relatividade Geral (1915), um pouco mais tarde com a Física Quântica (1928), estabelecendo a estrutura da Nova Física.

A busca pela verdade não pára nunca. Toda pesquisa baseia-se em um modelo de trabalho que deve ser testado. Neste sentido, os modelos de abordagem Construtivista (Capítulo 3) e Tradicional (Capítulo 4), elaborados, aplicados e avaliados, serão analisados a seguir. Para isso, duas disciplinas foram selecionadas: a disciplina Circuitos tem duas turmas avaliadas pelo método tradicional e uma turma pelo método construtivista, enquanto que a disciplina Física III (FIII) tem duas turmas no total, uma turma para cada método. As cinco turmas (55 alunos) serão analisadas, utilizando-se os conhecimentos de estatística.

5.2 Recursos Estatísticos na Avaliação da Qualidade

Os dados apresentados em tabelas e gráficos constituem a base de toda informação. Todavia, é conveniente resumir essa informação utilizando então as medidas de tendência central, como a média, que dá o valor mais provável de uma grandeza.

As medidas de tendência central são tanto mais indicadas para descrever uma distribuição de dados, quanto menor for a sua dispersão.

A média aritmética é o valor mais provável em torno do qual outros valores se distribuem, isto é,

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

onde: \bar{x} (lê-se x traço ou x barra) representa a média aritmética, $\sum x$ (lê-se somatório dos valores dados) representa a soma de uma variável qualquer e n é o número de parcelas ou dados do problema.

A apresentação de uma distribuição de notas somente por meio de medidas de tendência central, como a média, não permite obter resultados totalmente confiáveis, pois uma mesma média pode apresentar extremos diferenciados, nada informando sobre o grau de dispersão das mesmas.

Assim, para medir a dispersão dos dados em torno da média usa-se, então, a variância, que leva em consideração o número de dados. A variância pode ser definida como a soma dos quadrados dos desvios, dividida por n.

Esta medida de dispersão, é indicada por, s^2 , e escreve-se:

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}$$

Outra medida de dispersão é o desvio padrão que é definido como,

$$s = \sqrt{s^2}$$

O desvio padrão, s , indica a dispersão de um conjunto de medições e representa a diferença entre o valor dado e o valor médio de todos os dados.

Dividindo-se o desvio padrão, s , pela média aritmética, \bar{x} , obtem-se a variabilidade ou coeficiente de variabilidade (cv).

$$cv = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Os conhecimentos da estatística como média aritmética, variância, desvio padrão e variabilidade aqui definidos serão utilizados a seguir, visando a comparação, discussão e análise dos modelos de aprendizagem com abordagem tradicional (32 alunos) e construtivista (23 alunos).

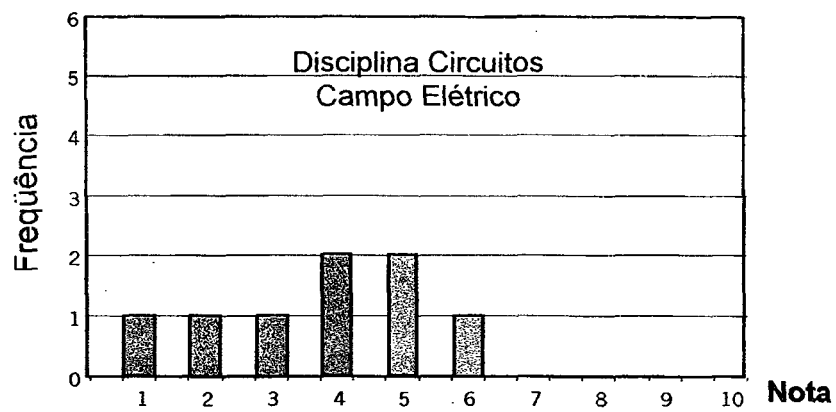
5.3 1ª Experiência: Campo Elétrico (Circuitos)

Uma semana após a realização de cada uma das três experiências, um questionário contendo 4 questões foi aplicado às 5 turmas (55 alunos). No total foram 660 respostas distribuídas em tabelas e apresentadas em figuras para melhor visualização, análise e interpretação.

A frequência de alunos versus nota, da disciplina de Circuitos Elétricos e Eletrônicos, na experiência Campo Elétrico é apresentada da seguinte forma:

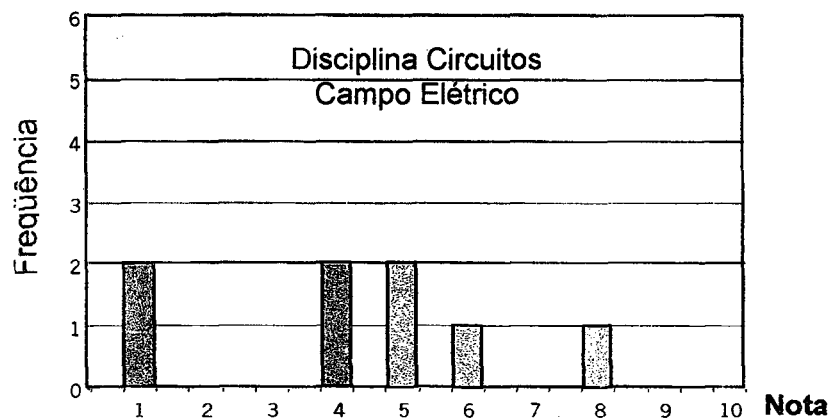
Figuras 5.1 e 5.2 para as turmas T-1e T-2 (Modelo Tradicional) e Figura 5.3 para a turma T-3 (Modelo Construtivista).

Figura 5.1: Frequência de Notas. Turma T-1 (Modelo Tradicional)



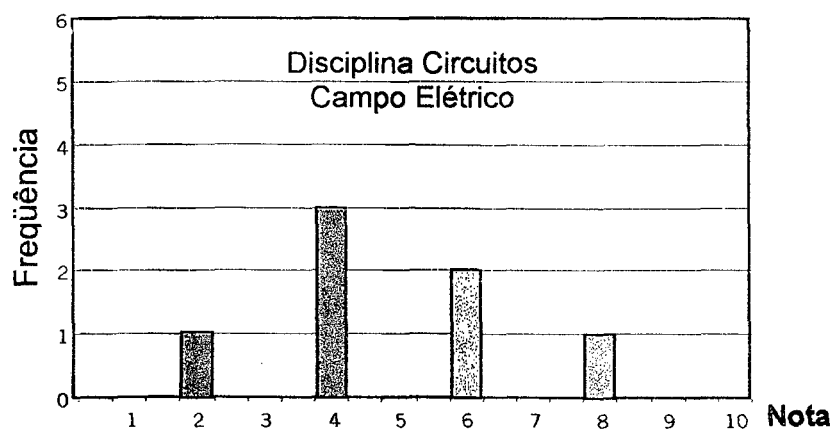
Fonte: T-1

Figura 5.2: Frequência de Notas. Turma T-2 (Modelo Tradicional)



Fonte: T-2

Figura 5.3: Frequência de Notas. Turma T-3 (Modelo Construtivista)



Fonte: T-3

5.3.1 Análise dos Resultados

Após a realização da experiência 01 (Campo Elétrico), fez-se uma avaliação escrita e individual. A partir das notas obtidas calculou-se a média aritmética de cada turma, obtendo-se os seguintes valores:

Turma T-1 (Tradicional) Média 3,7;

Turma T-2 (Tradicional) Média 4,2;

Turma T-3 (Construtivista) Média 4,8.

Com relação à média aritmética, a turma do Modelo Construtivista apresentou um desempenho superior ao das duas turmas do Modelo Tradicional. Também calculou-se o desvio padrão da distribuição de notas e o coeficiente de variabilidade. Estas medidas são utilizadas para determinar o comportamento das variáveis analisadas (no caso, nota e sua frequência).

Quanto menor for o desvio padrão e a variabilidade mais homogênea será a turma e, portanto, apresentará melhor desempenho. Assim, com relação a estes parâmetros, a turma construtivista também apresenta melhor desempenho que as turmas tradicionais, isto é,

Turma	Desvio Padrão	Variabilidade
T-1 (Tradicional)	1,7	46%
T-2 (Tradicional)	2,4	57%
T-3 (Construtivista)	1,7	35%

5.4 2ª Experiência: Lei de Ohm (Circuitos)

Uma análise da experiência 2 (Lei de Ohm) é feita a partir dos resultados de avaliações apresentados nas figuras seguintes.

Figura 5.4: Frequência de Notas. Turma T-1 (Modelo Tradicional)

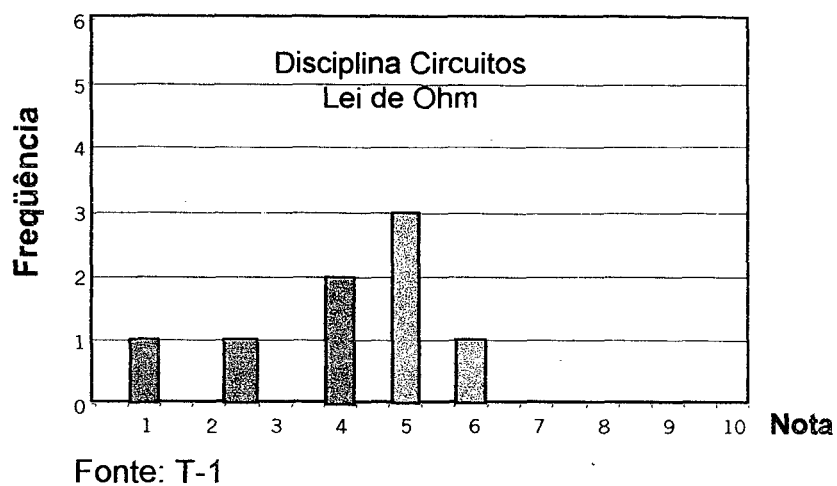


Figura 5.5: Frequência de Notas. Turma T-2 (Modelo Tradicional)

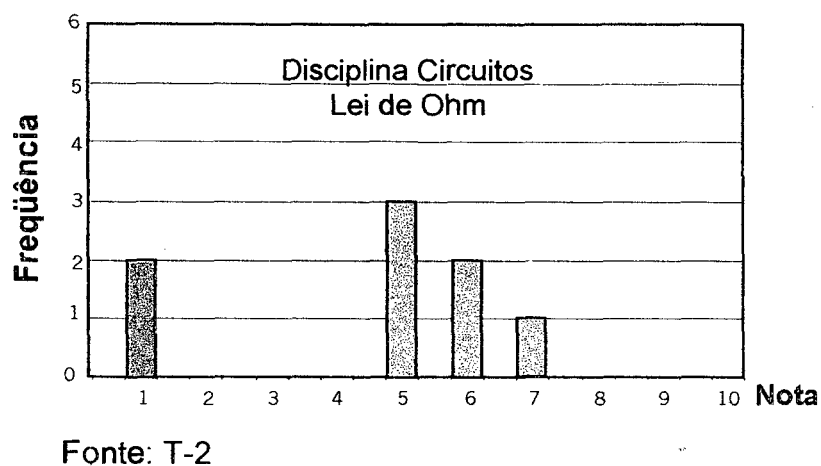
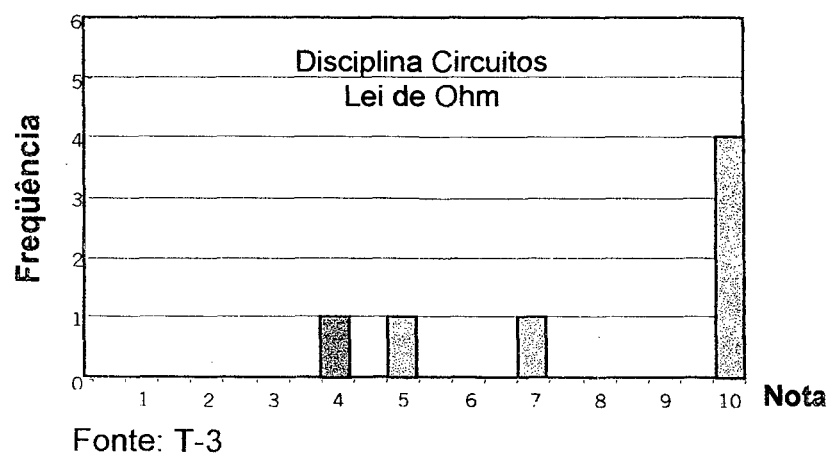


Figura 5.6: Frequência de Notas. Turma T-3 (Modelo Construtivista)



5.4.1 Análise dos Resultados

Após a realização da 2ª experiência (Lei de Ohm), visando avaliar o processo, fez-se uma avaliação escrita e individual. A partir dos resultados obtidos, calculou-se a média aritmética, o desvio padrão e a variabilidade de cada uma das três turmas.

O comportamento das variáveis analisadas (nota e sua frequência) apresentou os seguintes resultados:

Turma T-1	Média 3,9	Desvio Padrão 1,6	Variabilidade 41%
Turma T-2	Média 4,5	Desvio Padrão 2,3	Variabilidade 51%
Turma T-3	Média 8,0	Desvio Padrão 2,6	Variabilidade 33%

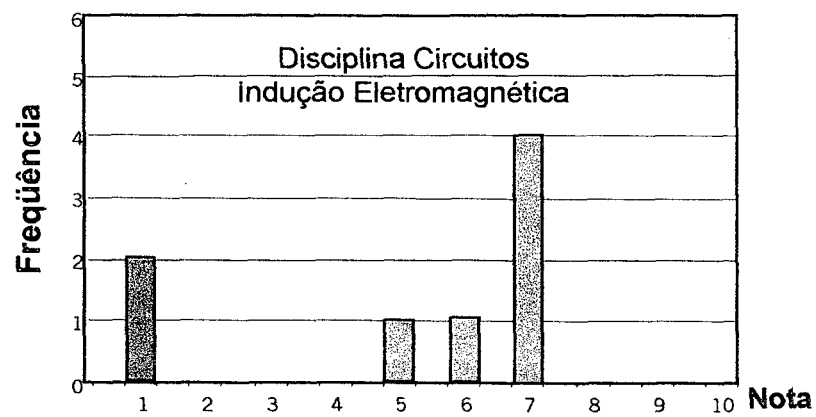
A maior média aritmética, e a menor variabilidade, sugerem um melhor desempenho. Neste caso, para a Lei de Ohm da Disciplina Circuitos, o Modelo Construtivista também apresentou melhor desempenho que o Modelo Tradicional.

5.5 3ª Experiência: Indução Eletromagnética (Circuitos)

A experiência sobre a indução eletromagnética também foi aplicada às turmas pesquisadas. As turmas T-1 e T-2 utilizaram o Modelo Tradicional e a turma T-3 utilizou o Modelo Construtivista.

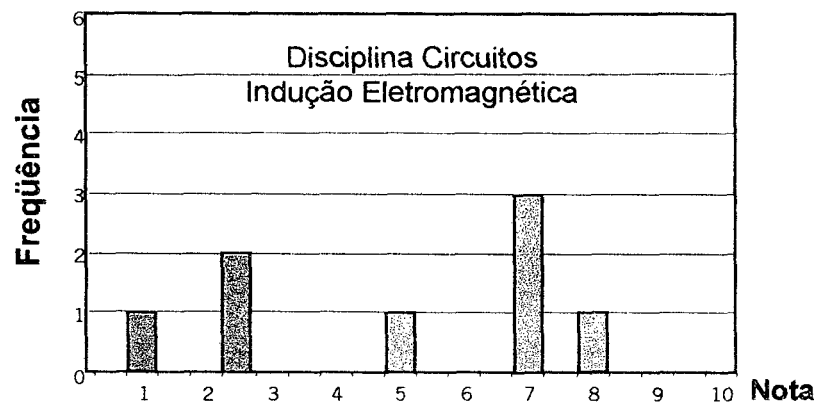
Os resultados são apresentados nas Figuras 5.7, 5.8 e 5.9 a seguir.

Figura 5.7: Frequência de Notas. Turma T-1(Modelo Tradicional)



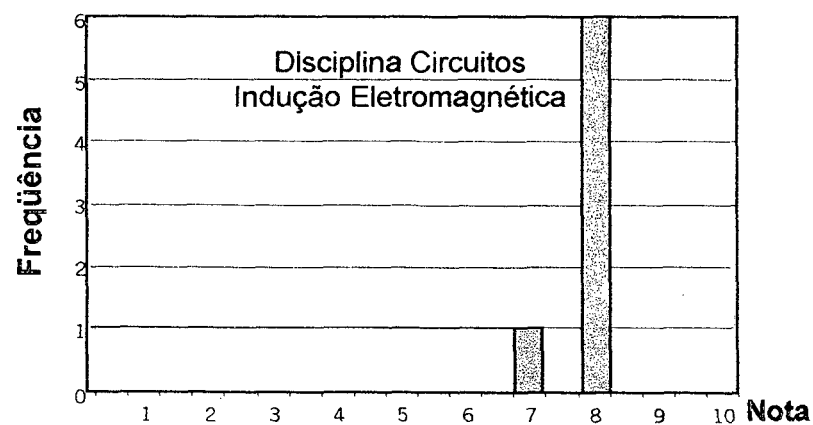
Fonte: T-1

Figura 5.8: Frequência de Notas. Turma T-2 (Modelo Tradicional)



Fonte: T-2

Figura 5.9: Frequência de Notas. Turma T-3 (Modelo Construtivista)



Fonte: T-3

5.5.1 Análise dos Resultados

Após a realização da 3ª experiência (Indução Eletromagnética), fez-se uma avaliação escrita e individual. A partir das notas atribuídas, calculou-se a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação ou variabilidade.

Os resultados foram os seguintes:

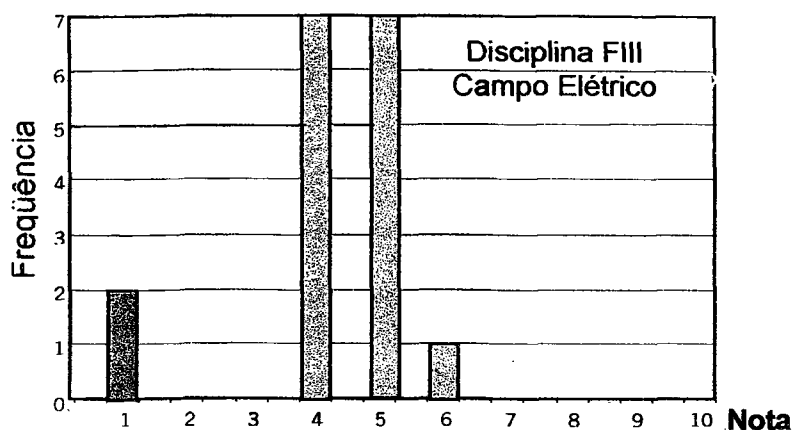
Turma	Média	Desvio Padrão	Variabilidade
T-1	5,1	2,6	51%
T-2	5,0	2,6	52%
T-3	7,8	0,38	5%

A turma T-3, do Modelo Construtivista, mostrou melhor desempenho nos parâmetros analisados. Merece destaque a média 7,8 da turma T-3, da ordem de 53% superior as médias 5,1 e 5,0 das turmas do Modelo Tradicional, assim como os valores pequenos do desvio padrão e da variabilidade.

5.6 Experiência N° 1: Campo Elétrico na Disciplina F III

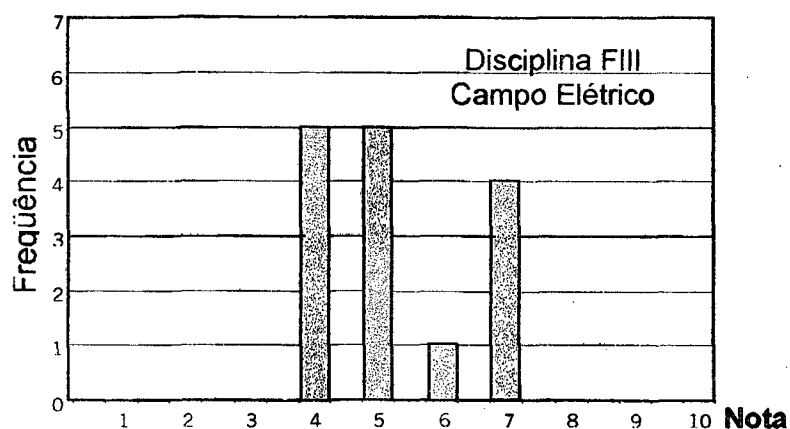
A experiência sobre Campo Elétrico foi desenvolvida nas turmas T-4 e T-5 da Disciplina Física Experimental III (FIII). Após a realização da experiência fez-se uma avaliação escrita e os resultados são apresentados nas Figuras 5.10 e 5.11, a seguir.

Figura 5.10: Frequência de Notas. Turma T-4 (Modelo Tradicional)



Fonte: T-4

Figura 5.11: Frequência de Notas. Turma T-5 (Modelo Construtivista)



Fonte: T-5

5.6.1 Análise dos Resultados em FIII

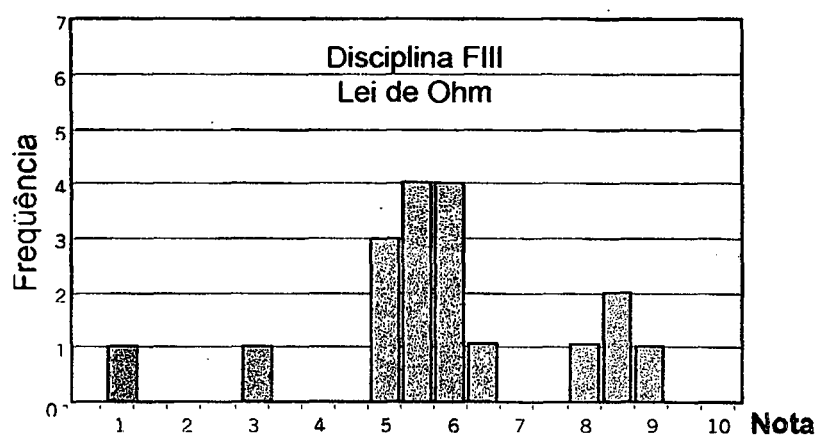
A partir das Figuras 5.10 e 5.11 calculou-se a média aritmética, o desvio padrão da distribuição de notas e o coeficiente de variabilidade. Tendo como base os dados obtidos, o Modelo Construtivista, na experiência Campo Elétrico da Disciplina FIII, indicou melhor desempenho como mostram os seguintes resultados.

Turma	Média	Desvio Padrão	Variabilidade
T-4 (Tradicional)	4,2	1,3	31%
T-5 (Construtivista)	5,3	1,2	23%

5.7 Experiência N° 2 na Disciplina FIII

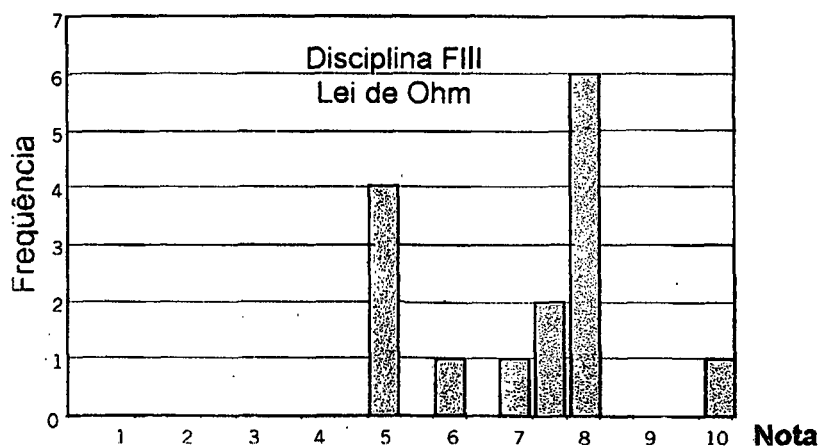
Após a realização da experiência n° 2 (Lei de Ohm), nas turmas T-4 e T-5 da Disciplina FIII, fez-se uma avaliação escrita, sem consulta a nenhuma fonte, e os resultados são apresentados nas Figuras 5.12 e 5.13, a seguir.

Figura 5.12: Frequência de Notas. Turma T-4 (Modelo Tradicional)



Fonte: T-4

Figura 5.13: Frequência de Notas. Turma T-5 (Modelo Construtivista)



Fonte: T-5

5.7.1 Análise dos resultados da Experiência Lei de Ohm em FIII

A abordagem construtivista apresentou melhor desempenho. Este fato pode ser comprovado com os seguintes resultados.

Turma	Média	Desvio Padrão	Variabilidade
T-4 (Tradicional)	5,7	1,8	32%
T-5 (Construtivista)	7,0	1,5	22%

5.8 Resultados da Experiência Nº3 Indução Eletromagnética em FIII

O desempenho em Física III, é apresentado nas Figuras 5.14 e 5.15.

Figura 5.14: Frequência de Notas. Turma T-4 (Modelo Tradicional)

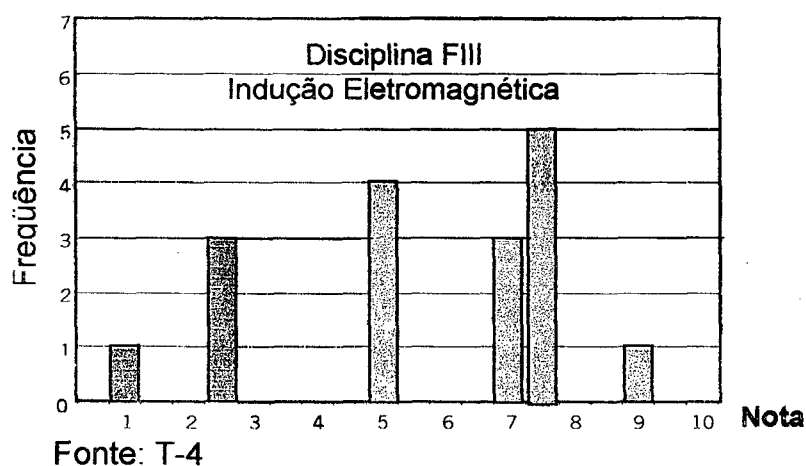
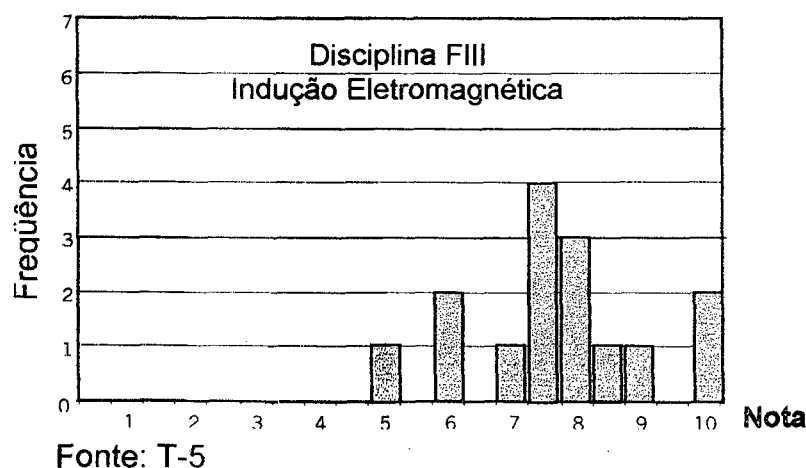


Figura 5.15: Frequência de Notas. Turma T-5 (Modelo Construtivista)



5.8.1 Análise dos Resultados (Indução Eletromagnética) em FIII

Os mesmos parâmetros das experiências anteriores foram calculados, obtendo-se os seguintes valores:

Turma	Média (\bar{x})	Desvio Padrão (s)	Variabilidade (cv)
T-4 (Tradicional)	5,6	2,3	41%
T-5 (Construtivista)	7,7	1,4	18%

Também na experiência nº 3, o Modelo Construtivista apresentou melhor desempenho que o Modelo Tradicional com relação aos parâmetros analisados.

5.9 Resultados dos Questionários

Para melhor visualização, comparação, interpretação e análise deste capítulo, apresenta-se na Tabela 5.1, os resultados obtidos nas turmas T-4 e T-5 da Disciplina FIII nas três experiências realizadas.

Tabela 5.1: Resumo da Disciplina FIII

Disciplina FIII nas Três Experiências

Experiência	Modelo	Turma	(\bar{x})	(s)	cv
Campo Elétrico	Tradicional	T-4	4,2	1,3	31%
	Construtivista	T-5	5,3	1,2	23%
Lei de Ohm	Tradicional	T-4	5,7	1,8	32%
	Construtivista	T-5	7,0	1,5	22%
Indução	Tradicional	T-4	5,6	2,3	41%
	Construtivista	T-5	7,7	1,4	18%

Fonte: Turmas T-4 e T-5

Os resultados das mesmas experiências para análise das três turmas T-1, T-2 e T-3 da Disciplina Circuitos são apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Resumo da Disciplina Circuitos

Disciplina Circuitos nas Três Experiência

Experiência	Modelo	Turma	(\bar{x})	(s)	cv
Campo Elétrico	Tradicional	T-1	3,7	1,7	46%
	Tradicional	T-2	4,2	2,4	57%
	Construtivista	T-3	4,8	1,7	35%
Lei de Ohm	Tradicional	T-1	4,0	1,6	41%
	Tradicional	T-2	4,5	2,3	51%
	Construtivista	T-3	8,0	2,6	33%
Indução	Tradicional	T-1	5,1	2,6	51%
	Tradicional	T-2	5,0	2,6	52%
	Construtivista	T-3	7,8	0,38	5%

Fonte: Turma T-1, T-2 e T-3

5.10 Considerações Finais

As análises dos resultados apresentados mostraram que as turmas que seguiram o Modelo Construtivista obtiveram melhor desempenho que aquelas do Modelo Tradicional. A partir destes resultados, pode-se concluir que o Modelo Construtivista facilita o uso do Método Clínico, a percepção dos conhecimentos prévios e a Equilibração, que é o núcleo central da teoria piagetiana. Com relação a teoria de Vygotsky, o Modelo Construtivista favorece a percepção da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD).

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

6.1 Introdução

A elaboração, aplicação e avaliação de um modelo de Física Experimental, tendo como sistema referência o Construtivismo, apresentaram diversos horizontes.

Neste sentido, a vasta Teoria de Piaget que originou a corrente construtivista, se abre em várias possibilidades, cada uma das quais poderia encampar o mesmo trabalho e tempo concedido para esta pesquisa. Este pensamento também vale para a Teoria de Lev Semyonovich Vygotsky.

Por outro lado, o campo desta pesquisa, que é a Física, também está dividida em diversos ramos, cada um deles capaz de preencher toda uma curta vida de trabalho acadêmico. Como a quantidade de experiências de Física é relativamente grande e muitas delas são pouco relacionadas entre si, procurou-se fazer a articulação entre um tópico da Física, o Eletromagnetismo e o Construtivismo.

O objetivo de tal procedimento foi dar maior clareza, concisão e objetividade ao trabalho desenvolvido.

Em razão disso, focalizou-se: 1. Três experiências de Física Clássica (Campo Elétrico, Lei de Ohm e Indução Eletromagnética); 2. O Método Clínico e a Equilibração (Piaget); 3. A Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky).

Portanto, esta pesquisa foi inspirada, concebida, vivenciada e associada ao desejo, à crença e à expectativa de aproximar teoria e prática, oferecendo

uma alternativa para a produção do conhecimento, alicerçado no construtivismo.

Apoiada em dois eixos, um predominantemente teórico e outro de cunho prático, a pesquisa resultou numa abordagem construtivista ao Laboratório de Física experimental básica a nível universitário. A metodologia utilizada, permite a participação ativa do sujeito na construção e reconstrução do saber humano e na interação com o mundo. Apresentou-se, parte da Teoria de Jean Piaget, que trata da construção do conhecimento. Todavia, a natureza do conhecimento não foi discutida, mas apenas o seu crescimento. A teoria de Piaget é de desenvolvimento cognitivo, não de aprendizagem. Mesmo assim, a verdadeira aprendizagem, segundo a concepção piagetiana, deve favorecer ao aprendiz liberdade para determinar quais aspectos do mundo exterior deseja aprender. Desse modo, a aprendizagem não é um repasse de conhecimentos ou treinamento.

Ratos, papagaios, cães, golfinhos e outros animais podem ser treinados sem que com isso venham desenvolver múltiplas inteligências ou inteligência abstrata.

Neste sentido, é um fato, que o ser humano, vivendo em ambientes com pouca estimulação, aprenderá menos do que aqueles que vivem em meios onde as múltiplas inteligências são estimuladas. Este fato foi comprovado nesta pesquisa por meio da aplicação das experiências e avaliações dos modelos Construtivista e Tradicional.

A participação ativa no desenvolvimento de atividades experimentais, utilizando recursos informáticos, facilita e reforça o desenvolvimento de

habilidades cognitivas, permitindo aprendizagem significativa. Por esta razão, o **Modelo Construtivista**, quando comparado ao **Modelo Tradicional**, apresentou na análise estatística, a partir dos dados coletados, turmas mais homogêneas conforme mostram os cálculos do desvio padrão e da variabilidade no Capítulo 5. Com relação ao desempenho de aprendizagem, a média aritmética mostrou-se crescente ao longo do processo. Semelhantemente, esta seqüência ascendente não ocorreu com os resultados do **Modelo Tradicional**.

Portanto, a análise destes parâmetros (média, desvio padrão e variabilidade) indica uma abordagem construtivista com maior média aritmética, mais flexibilização e homogeneidade.

6.2 Quanto aos Objetivos

Após aplicar e avaliar os dois modelos de Física Experimental verificou-se que os objetivos foram atendidos conforme os resultados obtidos e analisados no capítulo anterior.

6.3 Quanto às Hipóteses

6.3.1 Hipótese Básica

A implementação do **Modelo Construtivista** de Física Experimental na Universidade de Fortaleza (UNIFOR), de forma pioneira nos seus 28 anos de existência, contribuiu de forma efetiva na resolução de problemas e na aplicação de conceitos, sugerindo a validade da hipótese construtivista.

6.3.2 Hipóteses Específicas

- Hipótese 1: Confirma-se a hipótese 1, constatando-se que o Modelo Tradicional enfatiza a aplicação de equações prontas e estimula a memorização.
- Hipótese 2: O modelo Tradicional não estimula a construção do conhecimento por meio de um processo dialético e dialógico e por esta razão, não favorece a percepção dos conhecimentos prévios (hipótese 2), que é validada para o modelo construtivista.
- Hipótese 3: Confirma-se a hipótese 3, constatando-se que os livros textos de Física Básica adotados nas diversas disciplinas na Universidade de Fortaleza (UNIFOR), estão vinculados ao paradigma cartesiano-fisicalista-newtoniano, da ciência convencional, que não encampou, com eficácia, as contribuições das teorias cognitivistas, conforme evidenciam os resultados das experiências nas turmas do Modelo Tradicional, com relação aos parâmetros estatísticos analisados.

6.4 Relação Entre o Modelo Construtivista e a Teoria da Equilíbrio das Estruturas Cognitivas

Na equilíbrio de estruturas cognitivas relacionadas às fases de desenvolvimento mental, diversos aspectos foram implementados.

Estes aspectos são descritos nos sub-ítem a seguir, que podem ser vistos como uma releitura dos capítulos 2, 3, 4 e 5, agora sob o ponto de vista do Modelo Construtivista proposto.

6.4.1 Quanto à Equilibração (Patamares de Equilíbrio)

A análise qualitativa dos resultados obtidos sugere um desempenho crescente no Modelo Construtivista em relação ao Modelo Tradicional (Capítulos 3 e 4).

No desenvolvimento das três experiências selecionadas, esquemas mentais são testados para que ocorra novamente um equilíbrio. Como o esquema mental anterior não é destruído e sim estimulado, novos esquemas são criados, por meio de sinapses, gerando um novo equilíbrio.

Pode-se dizer que ocorreu uma nova situação de equilíbrio majorado (melhorado), porque após o desenvolvimento de cada experiência, os modelos foram avaliados, verificando-se que o Modelo Construtivista indicou desempenho crescente, conforme gráficos, médias, desvio padrão e variabilidade analisados no Capítulo 5. Portanto, o construtivismo realça a pertinência da aprendizagem centrada no aluno visando a equilibração, reordenamento e desenvolvimento das estruturas cognitivas.

6.4.2 Quanto ao Método Clínico e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD)

A percepção da ZPD – espaço entre as concepções prévias e o potencial para aprender – requer mais do que habilidades, competências básicas e compromisso social. Conteúdo e compromisso são condições necessárias mas não suficientes.

O fundamental é pensar para fazer e sentir para perceber. A percepção da ZPD, defendida por Vygostky, é uma tarefa relativamente difícil. Exige

diálogo e comunicação, que o método clínico (Piaget), oferece por meio dos fundamentos teóricos do Construtivismo no Capítulo 2, articulado com a elaboração de experiências de física que constituem o Modelo Construtivista no Capítulo 3, comparado com o Capítulo 4 (Modelo Tradicional) e analisado no Capítulo 5.

6.5 Aprofundamento

Os dois anos de estudo necessários à conclusão desta pesquisa não foram suficientes para aprofundar suficientemente a teoria de Piaget, o mesmo se pode afirmar da vasta obra de Vygotsky.

A partir da semente deixada aqui, estudos sistemáticos mais exaustivos e aprofundados seriam necessários para relacionar o Construtivismo com outras áreas da Física bem como outros campos do saber humano e outras dimensões do mundo. Neste sentido, recomenda-se a opção pelo construtivismo, como alternativa prazerosa, favorecendo uma aprendizagem mais viva, dinâmica e participativa.

6.6 Recomendações

Recomenda-se que as turmas submetidas ao Modelo Tradicional, também utilizem o Modelo Construtivista, e vice-versa, alternadamente, visando comparar os desempenhos das mesmas turmas na mesma disciplina, nas mesmas condições e com o mesmo professor.

Considerando os resultados obtidos nesta pesquisa, recomenda-se a extrapolação da abordagem construtivista, como alternativa à abordagem tradicional, visando:

- Outros experimentos na Física.
- O Ensino Pré-escolar, Fundamental, Médio e Superior.
- Os Laboratórios de Física, Química, Biologia, Informática e Ciências Sociais.

6.7 Sugestões

- Sugere-se que o Modelo Construtivista seja adotado no laboratório de ensino com turmas de 15 alunos, no máximo, subdivididas em grupos de 3 alunos. Turmas maiores dificultam o uso do Método Clínico (Piaget) e a percepção da Zona de Desenvolvimento Proximal defendida por Vygotsky.
- Tendo em vista as tecnologias modernas de comunicação como telemática, teleconferência, videoconferência e internet, que ignoram distâncias, aproximam culturas permitindo um maior acesso à informação, ao conhecimento e ao saber, sugere-se a pesquisa dessas mídias interativas, associadas ao construtivismo interacionista, na perspectiva de gerar condições para a aquisição do conhecimento e aumentar o acesso à educação da população.

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, V. **Manual de Laboratório de Física**. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.

ALVARENGA, Beatriz.; MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física, v. 3**. São Paulo: Scipione, 2000.

AMALDI, Ugo. **Física**. São Paulo: Scipione, 1995.

ANDRADE, Dalila O. **Educação Básica: Gestão do Trabalho e da Pobreza**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

ARMSTRONG, Thomas. **Inteligências Múltiplas na Sala de Aula**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology a Cognitive View**. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1968.

AZENHA, Graça. **Construtivismo de Piaget a Emília Ferreiro**. São Paulo: Ática, 1998.

BARBOSA, Iris. (org.) **A Educação na Perspectiva Construtivista**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1999.

BARBOSA, Jr.; FARIAS, J.M. Vasconcelos. Pensamento Algébrico e Senso Numérico nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental – Mediação pela Construção Geométrica. In: **Anais do V Encontro de Iniciação à Pesquisa, 13 a 15 de Setembro de 1999**. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 1999.

BATTOCCHIO, Domenico. **Breves Ensaio sobre Piaget**. Fortaleza: Edições Dezesete e Trinta, 1998.

BRENNAN, Barbara Ann. **Mãos de Luz**. São Paulo: Pensamento, 1987.

_____. **Luz Emergente**. São Paulo: Cultrix / Pensamento, 1997.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica: Termologia**. São Paulo: Atual, 1988.

CARVALHO, Cassiano et al. **Experimentos em Microescala**. São Paulo: Scipione, 1997.

CAVALCANTE, F. S. Júnior. **O Método (Con) Texto na Escola do Sujeito**. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2000.

- COLL, C. et al. **O Construtivismo na Sala de Aula**. São Paulo: Ática, 1998.
- CRUZ, Eduardo. **Praticando Eletricidade: Circuitos de Corrente Contínua**. São Paulo: Érica, 2000.
- DAVID, Hallyday; RESNICK, Robert. **Física 3**. Rio de Janeiro: LTC, 1984.
- _____. **Fundamentos da Física**. Rio de Janeiro: LTC, 1994.
- _____. **Física. Manual de Problemas Resolvidos**. Rio de Janeiro: LTC, 1973.
- DAVID, Halliday; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth. **Física 3**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- DEMO, Pedro. **Educação & Conhecimento: Relação Necessária, Insuficiente e Controversa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993.
- _____. **Saber Pensar**. São Paulo: Cortez: Instituto Paulo Freire, 2000.
- DEPRESBITERES, Léa. **Avaliação Educacional em Três Atos**. São Paulo: Editora SENAC, 1999.
- EINSTEIN, Albert. **Out of my Later Years**. Nova York: Citadel Press, 1956.
- FERNANDES, J. **Atividades Práticas de Física Geral**. Florianópolis: UFSC, 1985.
- FEUERSTEIN, R. **Instrumental Enrichment: A Word Introduction**. Jerusalém: Hadassah – Wzo – Canadá Reserach Institute, 1986.
- FEYNMAN, Richard P. **Física em Seis Lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.
- GARAKIS, Solange. **Divulgando Piaget: Exemplos e Ilustrações sobre a Epistemologia Genética**. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 1998.
- GARDNER, Howard. **Estruturas da Mente: a Teoria das Inteligências Múltiplas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1984.
- GARGIONE, B. **Eletricidade Básica**. São José dos Campos, SP: FVE, 1984.
- _____. **Estudo Experimental de Campos Elétricos**. São José dos Campos, SP: 1985.
- GASPAR, Alberto. **Eletromagnetismo e Física Moderna**. São Paulo: Ática, 2000.

HUBBARD, R.; POWER, B. **The Art of Classroom Inquiry**. Portsmouth, NH: Heinemann, 1993.

LOTT, M. K. **Manual de Laboratório de Física**. Belo Horizonte: UCMG, 1981.

CAPUANO, Gabriel. **Laboratório de Eletricidade e Eletrônica**. São Paulo: Érica, 1998.

MARANHÃO, Carlos. (org) **Manual de Estilo**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, Fernanda. **A Física na Formação de Professores do Ensino Fundamental**. Porto Alegre: Ed. Universidade / UFRGS, 1999.

MOREIRA, Marco Antônio. **Uma abordagem Cognitivista ao Ensino da Física**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

_____. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: UNB, 1999.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

MORETO, Vasco Pedro. **Construtivismo: A Produção do Conhecimento em Aula**. Rio de Janeiro: DP & A, 1999.

MIZUKAMI, Maria da Graça. **Ensino: As abordagens do Processo**. São Paulo: EPU, 1986.

NETO, Humberto et al. **Física Experimental**. São Paulo: Nobel, 1977.

NUNES, L. A. R. **Manual da Monografia**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Parâmetros Curriculares Nacionais: **Física**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

PCN. **Ensino Médio**. Brasília. Ministério da Educação, 1999.

PAULING, Linus. **How to Live Younger and Feel Better**. Nova York: Avon Books, 1986.

PHILLIPS, Deborah. **Preparation Course For The Toefl Test**. Nova York: Holt, 1996.

PIAGET, Jean. **O Nascimento da Inteligência da Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1970.

_____. **Psicologia da Inteligência**. Rio de Janeiro: F. Cultura, 1967.

_____. **Para onde vai a Educação?** Rio de Janeiro: Ed. José Olímpio, 1978.

_____. **A Epistemologia Genética.** São Paulo: Abril, 1978.

_____. **A Equilibração das Estruturas Cognitivas – Problema Central do Desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

POZO, Juan Inácio. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

RAMALHO, Jr.; FERRARO, N. C.; TOLEDO, P. A. **Os Fundamentos da Física: Termologia, Óptica e Ondas.** São Paulo: Editora Moderna, 1999.

RAMOS, L. A. **Física Experimental.** Porto Alegre: Mercado Aberto, 1984.

REGO, T. C. R. **Vygotsky: uma Perspectiva Histórico-Cultural da Educação.** Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

RIVAL, Michel. **Os Grandes Experimentos Científicos.** Rio de Janeiro: Zahar, 1997.

ROLF, Ida P. **Holting: Integração das Estruturas Humanas.** São Paulo: Martins Fontes, 1990.

SANTOS, Neri; DUTRA, Ana Regina Aguiar; HIGHI, C. A. R.; FIALHO, F. A. P.; PROENÇA, R. P. C. **Antropotecnologia: a Ergonomia dos Sistemas de Produção.** Curitiba: Gênese, 1997.

SILVA, Edna Lúcia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** Florianópolis: LED da UFSC, 2000.

SKINNER, B. F. **Ciência e Comportamento Humano.** São Paulo: EDART-EDUSP, 1974.

TIPLER, Paul A. **Física Moderna.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.

TOURAINE, A. **Poderíamos viver juntos? Iguais e Diferentes.** Petrópolis, RJ: Vozes, 1999.

VEER, V. D. V.; VALSINER, Jaan. **Vygotsky: uma Síntese.** São Paulo: Edições Loyola, 1996.

VEIRA, Sônia. **Estatística para a Qualidade: como Avaliar com Precisão e Qualidade em Produtos e Serviços.** Rio de Janeiro: Campos, 1999.

YOGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: M. Fontes, 1987.

ZOHAR, Danah. **O Ser Quântico**. São Paulo: Nova Cultura, 1990.

WALLON, W. **Lenfant Turbulent**. Paris: Alcan, 1925.

WALPOSE, Ronald. **Introduction to Statistics**. Toronto: Collier – Macmillan Canadá, 1978.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Um Modelo Operatório para Construção de Conhecimento**. Florianópolis: UFSC. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

BIBLIOGRAFIA SUPLEMENTAR

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física**. 1ª ed. V. 1. São Paulo: Harbra, 1993.

BRAGA, Newton C. **Tudo sobre Multímetro**. São Paulo: Saber, 1995.

BRAGA, Newton C. **Curso Básico de Eletrônica**. São Paulo: Saber, 1999.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Tópicos de Física**. 8ª ed. V. 1. São Paulo: Saraiva, 1992.

CANIATO, R. **O Céu**. 3ª ed. São Paulo, FUNBEC: 1978.

DELIZOICOV, Demétrio. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.

EISBERG, R. **Física: Fundamentos e Aplicações**. V. 3. São Paulo: McGraw-Hill, 1983.

GALIANO, G. A. **O Método Científico**. São Paulo: Harbra, 1979.

GARGIONE, B. **Tabelas e Gráficos**. São José dos Campos: F V E, 1985.

GONÇALVES, D. **Física Zero**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1978.

HAMBURGUER, E. W. **Projeto de Ensino da Física**. São Paulo: Edart, 1977.

MENEZES, L. C. **Introdução Ilustrada à Física**. São Paulo, Harbra, 1994.

MCKELVEY, J. P. **Physic for Science and Engineering**. São Paulo: Harbra, 1978.

NORMANDO, R. A. **Física Fenomenológica**. Fortaleza: EUFC, 1985.

OKUNO, E. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Harbra, 1982.

PSSC. **Física**. 2ª ed. São Paulo: Edart. Livraria Ltda, 1968.

SEARS, Zemansk. **Física**. 3ª ed. São Paulo: 1987.

VASSALO, F. R. **Manual do Osciloscópio**. São Paulo: Hemus, 1992.

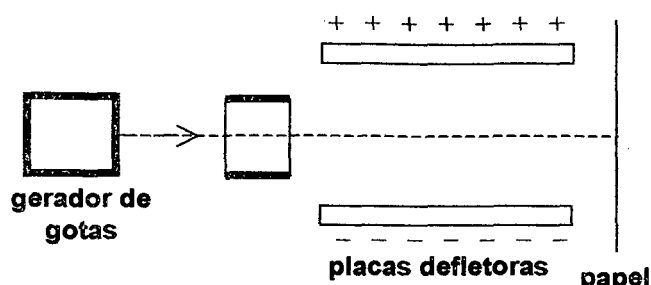
VYGOTSKY L. V. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: M. Fontes, 1984.

WATANABE, K. **Proposta de um Modelo para o Desenvolvimento Experimental**. Dissertação (Mestrado. FEUSP - IFUSP). São Paulo, 1980.

ANEXO 1

AVALIAÇÃO (CAMPO ELÉTRICO) 1ª EXPERIÊNCIA

1. A figura abaixo mostra as fases básicas de uma impressora a jato de tinta, onde gotas de tinta eletrizadas deslocam-se entre as placas defletoras.



- Faça um desenho mostrando o aspecto das linhas de força do campo elétrico entre as placas.
 - O campo elétrico \vec{E} , entre as placas, é uniforme?
 - Deduz a equação da deflexão sofrida pela gota de tinta, em função do seu deslocamento na direção horizontal, na direção vertical e da 2ª Lei de Newton.
- Explique o procedimento para verificar se existe um campo elétrico em um certo ponto do espaço.
 - Suponha que seja conhecido um vetor \vec{E} em um ponto. Em que sentido uma carga elétrica positiva, colocada neste ponto, tende a se movimentar?
 - Quando $\vec{E} = 0$, o potencial elétrico V , também será zero? Justifique utilizando uma figura.

ANEXO 2

AVALIAÇÃO (LEI DE OHM) 2ª EXPERIÊNCIA

- Quais os fatores que determinam a resistência de um condutor? Porque?
 a) _____ b) _____
 c) _____ d) _____
- Existe uma proporcionalidade entre a tensão e a corrente elétrica em um resistor ôhmico? Justifique.
- A resistência de um determinado resistor é diretamente proporcional à corrente elétrica? Porque?
- No laboratório, um resistor e uma lâmpada foram submetidos a diversas voltagens. Medindo-se os valores destas voltagens e das correntes nos condutores, obteve-se as tabelas seguintes:

V(v)	5,0	10	15	20
I(A)	0,20	0,40	0,60	0,80

V(v)	2,0	3,0	4,0	5,0
I(A)	0,15	0,20	0,25	0,26

- Construir o gráfico $V \times I$ para cada condutor.
- Qual dos condutores obedece à Lei de Ohm?

ANEXO 3**AVALIAÇÃO (INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA) 3ª EXPERIÊNCIA**

1. Qual a relação entre o número de espiras de uma bobina e o campo magnético?
2. Como é possível aumentar a corrente induzida em uma bobina?
3. Descreva como a introdução de um núcleo de ferro no interior de uma bobina pode alterar a deflexão da agulha de um galvanômetro
4. Enuncie e expresse matematicamente a Lei de Faraday da Indução Eletromagnética, explicando o significado de cada termo.

